

Учредитель:

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение дополнительного
профессионального образования «Центр
реализации государственной образовательной
политики и информационных технологий»

Редакция:

Куракин Д.В.
Абдрахманова Э.Р.
Королева И.В.

Тел. 8(495) 969-26-17 доб.1112
Адрес сайта: eit.edu.ru

Журнал включен в Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов и изданий
ВАК

Зарегистрирован в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(регистрационный номер: серия ПИ № ФС77-
73920 от 12 октября 2018 г.)

Подписной индекс 32788
в каталоге «Газеты. Журналы» АО Агентство
«РОСПЕЧАТЬ»

Отпечатано в типографии
ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ
Адрес: 127006, Москва,
Каретный Ряд, д. 2

По вопросам редакционной подписки
обращаться по адресу:
125315, Москва,
ул. Часовая, д. 21/Б, ком. 31

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Информационные технологии перевода тра- 3
диционных оценок в рейтинги
*Краснов А.Е., Пивнева С.В.,
Феоктистова Н.А.*

О проблемах представления данных высшего 15
образования и науки Российской Федерации
с использованием технологий семантическо-
го веба
*Сытник А.А., Шульга Т.Э.,
Шульга И.И.*

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

Создание прототипа автоматизированной 30
интеллектуальной информационной системы
управления цифровым факультетом
Краснов А.Е., Никольский Д.Н., Пивнева С.В.

К вопросу выбора и использования про- 44
граммного обеспечения для библиотеки об-
разовательного учреждения
Витковская Н.Г., Денисова Д.А.

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ
И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

Некоторые подходы к семантическому опи- 62
санию неструктурированных информаци-
онных ресурсов
*Сытник А.А., Вагарина Н.С.,
Мельникова Н.И., Папшев С.В.*

Повышение достоверности педагогического 77
тестирования.
*Неустроев С.С. Сердюков В.И.,
Сердюкова Н.А., Яламов Г.Ю.*

Моделирование учебного процесса. 88
Числовые характеристики методов оценки
латентных параметров
Карнаухов В.М.

Анализ состава и параметров выборок сту- 97
дентов разных направлений подготовки по
уровню развития их личностных качеств
Елисеев И.Н., Ларина Т.Н., Елисеев И.И.

Состав Редакционного совета научно-методического журнала «Информатизация образования и науки»

Боровская М.А. – заместитель Министра науки и высшего образования Российской Федерации, д.э.н.

Вислый А.И. – к.ф.-м.н.

Зегжда П.Д. – заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, д.т.н., проф.

Карнаухов В.М. – доцент кафедры высшей математики РГАУ-МСХА, к.ф.-м.н.

Кузнецов Л.А. – профессор кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин Липецкого филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, д.т.н.

Куракин Д.В. – главный редактор, ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ, д.т.н., проф.

Мартынов В.В. – заведующий кафедрой экономической информатики Уфимского государственного авиационного технического университета, д.т.н., проф.

Мионов В.В. – профессор Рязанского государственного радиотехнического университета, д.ф.-м.н.

Надеждин Е.Н. – профессор Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого, д.т.н.

Неустров С.С. – руководитель Офиса проектов Института управления образованием РАО Министерства просвещения Российской Федерации, д.э.н.

Одинцов Б.Е. – профессор кафедры информационных технологии Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, д.э.н.

Олейников А.Я. – главный научный сотрудник Института радиотехники и электроники РАН, д.т.н., проф.

Сидоренко В.Г. – профессор кафедры "Управление и защита информации" ФГАОУ ВО "Российский университет транспорта", профессор кафедры моделирования и оптимизации бизнес-процессов НИЦ университета «Высшая школа экономики, д.т.н.

Хади Р.А. – директор ФГАНУ НИИ «Спецвузавтоматика», к.т.н.

Шахматов Е.В. – ректор ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. Академика С.П. Королева», д.т.н., проф.

Глобальный уровень оценки эффективности информационно-вычислительных систем «цена / качество» и их компоненты
Климанов В.П. 106

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Развитие корпоративных компетенций с использованием системы электронного обучения
Сулягин М.В. 117

Формирование творческих компетенций одаренной молодежи в телекоммуникационной развивающей научно-образовательной среде
Пиявский С.А., Кирюков С.Р., Кузнецов А.С. 127

Опыт создания, развития и выведения на международный уровень научных центров в России и за рубежом
Белов Ф.Д., Смирнова А.В. 143

Специфика и технология создания информационного обеспечения системы опережающей подготовки кадров моногородов – территорий опережающего развития
Захарова А.А., Гребенюк Я.В., Захаров Л.Ю. 162

Генераторы заданий как персонализированное средство эффективной подготовки учащихся
Петрова Н.В., Петров И.П., Петров Ю.И. 181

Электронные учебники. Дополнительные требования
Мухаметзянов И.Ш. 195

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОДА ТРАДИЦИОННЫХ
ОЦЕНОК В РЕЙТИНГИ**

**INFORMATION TECHNOLOGIES TO CONVERT TRADITIONAL GRADES
TO RATINGS**

Краснов Андрей Евгеньевич / Andrey E. Krasnov,

*доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационной безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of the Department of Information Security, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University,
krasnovmgutu@yandex.ru*

Пивнева Светлана Валентиновна / Svetlana V. Pivneva,

*кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of pedagogical sciences, assistant professor, head of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University,
ilt-swetlana@yandex.ru*

Феоктистова Наталия Андреевна / Nataliya A. Feoktistova,

*кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of engineering sciences, assistant professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University,
feofamilynat@yandex.ru*

Аннотация

Рассмотрены информационные технологии перевода традиционных оценок, выставляемых учащимся в процессе изучения дисциплины, в так называемый рейтинг, формируемый как на основе линейного оценивания или линейной регрессии, так и нелинейного оценивания. Приведено сравнение линейного и нелинейного оцениваний для различных случаев наблюдения ряда традиционных оценок, на основании чего доказывается преимущество нели-

нейного оценивания, т.к. оно снимает присущее линейному оцениванию вырождение – одинаковые результаты при различающихся традиционных оценках. Показано также, что при любом оценивании важнейшим вопросом является точность используемой процедуры, которая непосредственно связана с используемым количеством традиционных оценок. Рассматриваемые технологии актуальны при цифровизации образовательной деятельности, ведущей к значительному уменьшению времени

непосредственного общения обучающихся с преподавателем.

Abstract

Information technologies to convert traditional grades given by students in the process of studying the discipline into the so-called rating, formed on the basis of linear estimation or linear regression, as well as non-linear estimation, are considered. A comparison of linear and nonlinear estimates for various cases of observation of a number of traditional grades is given, on the basis of which the advantage of nonlinear estimation is proved, since it removes the degeneracy inherent in linear estimation — the same results with different traditional grades. It is also shown that for any estimating, the most important issue is the accuracy of the procedure used, which is directly related to the amount of traditional grades used. The technologies under consideration are relevant for the digitalization of educational activities, leading to a significant reduction in the time of direct communication between students and the teacher.

Ключевые слова: рейтинг, линейное оценивание, нелинейное оценивание, ошибка оценивания, пороговые функции, вырождение, снятие вырождения.

Keywords: rating, linear estimation, nonlinear estimation, estimation error, threshold functions, degeneracy, removal of degeneracy.

Введение

В настоящее время в общем, профессиональном и дополнительном образовании рекомендуется использовать рейтинги для оценивания результатов обучения [1]. Возможны различные подходы к переводу традиционно используемых оценок (3, 4, 5) в рейтинги. Традиционные оценки общеприняты потому, что человек живет и хорошо ориентируется в трехмерном мире, и

для него понятие таких оценок, как норма, ниже нормы и выше нормы, вполне естественны. Следует отметить, что такие оценки широко распространены в медицине, например, $36,6^{\circ}\text{C}$ - нормальная температура тела, меньше $36,6^{\circ}\text{C}$ - гипотермия, больше $36,6^{\circ}\text{C}$ - гипертермия. Отклонение от нормы в медицине рассматривается как симптом проявления аномальности. В статистическом нормальном распределении Гаусса, используемом для описания состояний многих систем, также рассматривают устойчивые значения их параметров / характеристик, попадающие в доверительный интервал трех стандартных отклонений с вероятностью 99%. Отклонение в ту или иную сторону также характеризует аномальное состояние систем.

В российских школах и институтах системы различных рейтингов широко распространены и, как правило, основаны на линейном оценивании результатов наблюдений последовательности традиционных оценок [2]. Традиционные оценки $x_n \in \overline{2, 3, 4, 5}$ ($n = 1, 2, \dots, N$), выставяемые учителями (или электронными средствами обеспечения учебного процесса) учащимся, переводятся в, так называемый, рейтинг, формируемый на основе линейного оценивания или линейной регрессии $y_{\text{лин}} = \sum_{n=1}^N b_n x_n$, где b_n - значимость или относительный вес n -ой оценки ($\sum_{n=1}^N b_n = 1$). Формирование значений весов b_n целиком является прерогативой учителей [1, 2].

Линейное оценивание по средневзвешенному восходит еще к ранним работам Г.Г. Азгальдова по созданию основ новой науки — квалиметрии и применяется в его недавних работах (см., например, стр. 149 раздела Convolution of Indices в [3]). Широкое распространение линейного оценивания в науке, технике и образовании объясняется также глубиной проработки ее математического аппарата [4]. Несомненно, что основным достоинством линей-

ного оценивания является его вычислительная простота. Однако существуют и серьезные недостатки. До сих пор в практике применения рейтингов в образовании не обращают внимание на такой недостаток линейного оценивания, как вырождение – различные комбинации стандартных оценок, характеризующие различный уровень подготовки обучающихся, приводят к одинаковым рейтингам [5], хотя решение давно найдено, но в области нелинейного оценивания [6]. Недостаточно внимания также уделено такому вопросу, как установление длины выборки стандартных балльных оценок для заданной точности оценивания, хотя это и рассматривалось в [7].

В связи с этим целесообразно продолжить рассмотрение отмеченных недостатков и путей их преодоления на основе как линейного, так и нелинейного оценивания.

Цель и задачи

В настоящей статье проводится сравнение линейного и нелинейного методов оценивания результатов обучения, рассматриваются такие задачи как определение точности оценивания в зависимости от длины выборки традиционных оценок, вырождение рейтингов при линейном оценивании, снятие вырождения при нелинейном оценивании.

Состояние вопроса

Давно известно, что многие важные проблемы находятся на стыке наук, а решения, найденные в одной области знаний, могут быть перенесены в другую. Так, например, при разработке информационных технологий оценивания качества для пищевой промышленности было замечено, что традиционное линейное оценивание приводит к вырождению – разные по качеству продукты получают одинаковые оценки. Цена этого вырождения чрезвычайно высока: к продуктам приемлемых категорий относят и несоответствующие данным категориям образцы. Для преодоления

этих недостатков была предложена и развита теория нелинейного оценивания, наиболее полно отраженная в [8]. Одновременно полученные результаты были перенесены и в сферу образования, где были введены сложные рейтинги, формируемые методом нелинейного оценивания [5]. В то же время было замечено, что и простые балльные рейтинги, получаемые линейным оцениванием, могут быть эффективно использованы для выставления оценок при заданном уровне ошибок оценивания [7], на что совершенно не обращается внимание [1, 2].

Следует отметить, что за последние 10 лет число публикаций, посвященных использованию рейтингов в образовании, значительно выросло. Тем не менее, они посвящены в значительной степени лишь законодательным, организационным и управленческим вопросам [9]. Вот, например, информация из справочника учебного процесса НИУ ВШЭ [10]:

– Рейтинговая система повышает мотивацию студентов к активному и равномерному освоению образовательных программ.

– Рейтинг позволяет получить дифференцированную и разностороннюю информацию о качестве и результативности обучения, а также о персональных учебных достижениях студентов, в том числе, для принятия управленческих решений.

– Для каждого студента определяется сумма произведений оценок на кредитный вес элемента учебного плана. Например, студент в течение полугодия изучал английский язык (4 кредита), математический анализ (5 кредитов) и историю (3 кредита). Получил по ним такие оценки: 8, 7, 10. Для этого студента рассчитывается показатель: $4*8+5*7+3*10 = 97$.

По положению о рейтинговой системе комплексной оценки знаний сту-

дентов НИУ ВШЭ кредитно-рейтинговая оценка студента – сумма произведений кредитного веса дисциплины на оценку по десятибалльной шкале.

Авторы считают, что здесь речь идет о неких рейтингах, имеющих отношение лишь к организации управления учебным процессом, а не к объективной оценке результатов обучения. Никаких обоснований по выбору десятибалльной шкалы оценок и модели оценивания не приводится. Тонкости формирования используемой десятибалльной шкалы на основе традиционных оценок не рассматриваются.

Парадоксально, но ситуация во многом схожа с применением балльных оценок в пищевой промышленности, и не только в России. Так, например, в России в винодельческой отрасли принята 10-балльная шкала органолептического оценивания (в Чехии и Германии приняты 30-балльные шкалы). Во Франции долго вводили и внедряли 100-балльную шкалу, затратив огромные средства. Однако результат печальный, т.к. и 100-балльная шкала также не спасает от вырождения. Выявлено, что различительная способность российской 10-балльной системы (суммирования) оценивания качества вин весьма низкая – потенциальная вероятность получения «отличных» и «хороших» оценок для вин несоответствующего качества чрезвычайно велика (19 %); для французской 100-балльной системы потенциальная вероятность получения «отличных» и «хороших» оценок для вин несоответствующего качества снижается всего в два раза (10 %) [8].

К сожалению, в образовании рассмотренная ситуация встречается во многих вузах, где в достаточно серьезных и дорогостоящих информационных системах, обслуживающих образовательный процесс, подсчет баллов осуществляется без какого-либо обоснования. Причины этого усматриваются в недостаточности научных исследований

всех тонкостей и особенностей применения рейтингов для оценивания результатов обучения. В связи с этим рассмотрим в настоящей работе наиболее важные вопросы линейного и нелинейного оценивания, связанные с точностью оценивания, а также вырождением при линейном оценивании и снятием вырождения при нелинейном оценивании.

Линейное оценивание: проблема вырождения

Формирование простого рейтинга.

Рассмотрим простейший пример линейного оценивания, применяемого в школьной практике [2]. Пусть значимости всех традиционных оценок одинаковы, а пороговая функция, переводящая значения простого рейтинга y_{lin} в пороговые оценки, определена, например, как:

$$Thr(y_{lin}) = \begin{cases} 2, & \text{если } y_{lin} \leq 2.500; \\ 3, & \text{если } 2.510 \leq y_{lin} \leq 3.522; \\ 4, & \text{если } 3.523 \leq y_{lin} \leq 4.500; \\ 5, & \text{если } 4.510 \leq y_{lin} \leq 5.000, \end{cases} \quad (1)$$

где

$$y_{lin} = \sum_{n=1}^N b_n x_n = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n, \quad b_n = 1/N, \quad \text{а } N - \text{длина выборки стандартных оценок.} \quad (2)$$

Здесь простой рейтинг y_{lin} формируется путем усреднения N накопленных стандартных оценок $x_n \in \underline{2, 3, 4, 5}$ ($n = 1, 2, \dots, N$). В данном примере, для упрощения, все стандартные оценки приняты равнозначными.

Диаграмма зависимости полученных пороговых оценок от текущих стандартных оценок (3, 4, 5, 3, 4, 5, ..., 3, 4, 5) приведена на рис. 1. Результат вполне понятен. При этом максимальное значение рейтинга равно 4.

На рис. 2 приведен пример линейного оценивания последовательно-

сти стандартных оценок (4, 4, 4, 4, 4, ..., 4, 4, 4). За исключением первых двух оценок результат полностью тот же, что и в первом случае, максимальное значение рейтинга также равно 4.

Из приведенного примера видно, что линейный рейтинг не различает со-

вокупности 3, 4, 5 и 4, 4, 4 стандартных оценок. В то же время эти совокупности в трехмерном пространстве отстоят от «идеальной» совокупности 5, 5, 5 наивысших стандартных оценок на разные расстояния.



Рис. 1. Зависимость значений рейтинга и пороговой оценки от количества использованных стандартных оценок (3, 4, 5, 3, 4, 5, ..., 3, 4, 5)



Рис. 2. Зависимость значений рейтинга и пороговой оценки от количества использованных стандартных оценок (4, 4, 4, 4, 4, 4, ..., 4, 4, 4)

Именно на это обстоятельство было обращено внимание при усреднении экспертных оценок, формируемых при контроле продуктов в винодельческой отрасли [8]. Проблема заключается

в том, что для оценивания приглашают дорогостоящих экспертов – дегустаторов, которые благодаря своим уникальным способностям выставляют оценки (не важно в какой шкале). Однако

усреднение этих оценок нивелирует уникальность экспертов. Налицо пример, когда в высокотехнологичной отрасли совершенно безграмотно используется математическая статистика, хотя методика и принята в традиционной квалиметрии [3]. Справедливости ради заметим, что простое линейное оценивание является обычной практикой и во многих спортивных соревнованиях и различных конкурсах.

В рассмотренном нами примере соответствующие расстояния совокупностей стандартных оценок до «идеальной» совокупности равны 2.35 и 1.73 соответственно. Тем самым, первый ряд оценок соответствует худшему результату обучения по сравнению со вторым рядом, т.е. стандартные оценки 4, 4, 4 предпочтительнее.

Линейное оценивание: проблема точности оценивания

Формирование балльного рейтинга.

Заметим, что точность любой стандартной оценки x_n чрезвычайно мала, т.к. для последовательности (2, 3, 4, 5) среднеквадратичное отклонение (СКО) или $\sigma_x \cong 1$. Относительная ошибка составляет величину $s_x = \frac{\sigma_x}{x_n} = \frac{1}{3.5} \cong 29\%$ или $s_x = \frac{\sigma_x}{D} = \frac{1}{34} = 25\%$, т.к. динамический диапазон стандартных оценок $D = 4$. Повысить точность оценивания возможно лишь накоплением оценок, как это принято в статистике [4]. Действительно, при накоплении N оценок $\sigma_{ylin} = \sigma_x / \sqrt{N} = 1 / \sqrt{N}$. Соответственно уменьшается и ошибка оценивания. Именно это обстоятельство, а не «мотивация студентов, информация о качестве и результативности обучения», и является самым главным обоснованием использования рейтинга. Однако введение пороговой функции (1) усложняет вычисление ошибки (ОШ) итогового оценивания.

Для вычисления этой ошибки обратимся к методике формирования балльного рейтинга, когда оценки по предмету выставляют N независимых эксперта (на практике дается N разных заданий), а балльный рейтинг вычисляется как $y_B = \sum_{n=1}^N x_n (b_n = 1)$ [7]. Так, например, для $N = 20$ возможны следующие случаи:

- рейтинг y_B может принимать все целочисленные значения от 40, когда все эксперты поставили оценку 2, до 100 включительно, когда все эксперты поставили оценку 5;
- рейтинг y_B принимает значение 50, когда 10 экспертов поставили оценку 2, а 10 – оценку 3;
- рейтинг y_B принимает значение 60, когда все эксперты поставили оценку 3;
- рейтинг y_B принимает значение 70, когда 10 экспертов поставили оценку 3, а 10 – оценку 4;
- рейтинг y_B принимает значение 80, когда все эксперты поставили оценку 4;
- рейтинг y_B принимает значение 90, когда 10 экспертов поставили оценку 4, а 10 – оценку 5.

Отсюда легко найти источник ошибок оценивания – точки 50, 70 и 90 суммарной 100 балльной шкалы являются неопределенными при переводе их в точки традиционной шкалы оценок. Данные неустойчивые точки соответствуют случаям, когда мнения группы экспертов разделились поровну (10 на 10). Например, 10 экспертов дали оценки 3, а 10 – 4. В любой ситуации эксперт может ошибиться на 1 балл. В этом случае наряду с отмеченным исходом возможны следующие: 11 экспертов дадут оценки 3, а 9 – 4 (69 баллов); 9 экспертов дадут оценки 3, а 11 – 4 (71 балл). В результате точка 70 суммарной 100 балльной шкалы перейдет в точку 69 или 71.

Рассчитаем зависимость вероятности ошибки оценивания от размера выборки. Методика такого расчета до-

статочной простота и основана на отношении количества исходов ошибочного оценивания к общему количеству исходов для заданного N . В таблице 1 приведен пример возможных исходов для балльного оценивания всего лишь трех заданий.

Из таблицы 1 видно, что для трех заданий возможны 28 исходов, если не учитывать вырождение ($12 = 4 + 4 + 4 = 2 + 5 + 5 = 3 + 4 + 5$). При этом количество исходов ошибочного оценивания

составляет 6, независимо от N . Эти шесть ошибок будут всегда возникать при переходе от 2 к 3, 3 к 4 и 4 к 5. Поэтому для $N = 3$ вероятность ошибки составит величину $P_{\text{ОШ}}(3) = 6 / (1+9*3) = 0.21$. Для произвольного N вероятность ошибки составит $P_{\text{ОШ}}(N) = 6 / (1+9*N)$. Достоверность оценивания (в процентах) введем как величину:

$$P_{\text{ОЦ}}(N) = 100 [1 - P_{\text{ОШ}}(N)] = 100[1 - 6 / (1+9*N)].$$

Таблица 1. Возможные исходы балльного оценивания трех заданий

Оценка	Балльный рейтинг y_B	Занижение баллов из-за ошибки	Завышение баллов из-за ошибки	Ошибочное оценивание
2	$6 = 2 + 2 + 2$		7	
2	$7 = 2 + 2 + 3$	6	8	8
3	$8 = 2 + 2 + 4$	7	9	7
3	$9 = 3 + 3 + 3$	8	10	
3	$10 = 3 + 3 + 4$	9	11	11
4	$11 = 3 + 3 + 5 (3+4+4)$	10	12	10
4	$12 = 4+4+4 (2+5+5, 3+4+5)$	11	13	
4	$13 = 4 + 4 + 5 (3+5+5)$	12	14	14
5	$14 = 4 + 5 + 5$	13	15	13
5	$15 = 5 + 5 + 5$	14		

Как результат, для заданной достоверности оценивания возможно ввести пороговую функцию, определяющую правила перевода значений балльного рейтинга в пороговые оценки:

$$Thr(y_B) = \begin{cases} 2, & \text{если } y_B \leq N * 50/20; \\ 3, & \text{если } N * 50/20 < y_B \leq N * 70/20; \\ 4, & \text{если } N * 70/20 < y_B \leq N * 90/20; \\ 5, & \text{если } N * 90/20 < y_{lin} \leq N * 100/20, \end{cases} \quad (3)$$

где $y_B = \sum_{n=1}^N x_n$, а N – длина выборки стандартных оценок.

Диаграмма зависимостей оценок, полученных по текущим стандартным

оценкам (3, 4, 5, 3, 4, 5, ..., 3, 4, 5), приведена на рис. 3. Максимальное значение рейтинга, полученное по первым 20 наблюдениям (достоверность оценивания 96,69%), равно 79.

На рис. 4 приведена диаграмма зависимостей оценок, полученных по текущим стандартным оценкам (4, 4, 4, 4, 4, 4, ..., 4, 4, 4). За исключением первых двух оценок результат полностью тот же, что и в первом случае, однако максимальное значение рейтинга, полученное по первым 20 наблюдениям (достоверность оценивания 96,69%), равно 80. Относительное различие рейтингов

составляет $(80 - 79) / (80 + 79) = 0.006$, что практически незначимо.

На диаграмме рис. 5 приведена зависимость оценивания от количества использованных стандартных оценок (числа заданий). Видно, что при $N = 7$ достоверность оценивания достигает 90.63%, при $N = 10 - 93.41%$, а при $N = 20 - 96,69%$. Отсюда следует, что нет смысла предлагать учащимся большое число заданий, например, больше 20, т.к. достоверность оценивания изменя-

ется незначительно (97.79% для 30 заданий). С этих позиций становится ясно, что предлагаемое учащимся, например, на ЕГЭ, количество тестов совершенно не обосновано и играет роль испытания на выносливость.

Таким образом, в части получения значений пороговых оценок по линейным рейтингам, балльное оценивание практически ничем не отличается от простейшего, но позволяет рассчитать достоверность оценивания.



Рис. 3. Зависимость значений рейтинга и пороговой оценки от количества использованных стандартных оценок (3, 4, 5, 3, 4, 5, ..., 3, 4, 5)



Рис. 4. Зависимость значений рейтинга и пороговой оценки от количества использованных стандартных оценок (4, 4, 4, 4, 4, 4, ..., 4, 4, 4)



Рис. 5. Зависимость достоверности оценивания от количества использованных стандартных оценок или числа заданий

Нелинейное оценивание: снятие вырождения

Предположим, что мы имеем N различных наблюдений в виде вектор-строки $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T$ при последовательном оценивании результатов обучения по выбранной дисциплине в стандартной шкале ($x_n \in \overline{2, 3, 4, 5}; n = 1, 2, \dots, N$). Модель наблюдения представим в виде:

$$X = S_m + H, \quad (4)$$

где $S_m = (s_{m1}, s_{m2}, \dots, s_{mN})^T$ – истинный вектор оценок в некотором m -ом состоянии успешности обучения ($m = 0, 1, \dots, M$; например, хорошая, удовлетворительная или отличная успеваемость), замаскированный вектором H аддитивных помех с нулевыми средними и дисперсиями σ_n^2 ($n = 1, 2, \dots, N$). Будем считать, что выставленные оценки независимы, а вектор помехи описывается для каждого m -ого состояния N -мерной нормальной усеченной функцией правдоподобия $p_m(H | \sigma)$, где $m = 0$ характеризует состояние чистой помехи ($S_m = 0$).

В такой постановке задача идентификации или классификации m -х состояний по наблюдению вектора X традиционно носит название проверки сложных гипотез (гипотез отнесения вектора наблюдения X из (4) к какому-

либо « m -ому» классу, определяемому вектором S_m (центроидом касса) и правдоподобием $p_m(H | \sigma)$ [11].

Минимизируя отношение правдоподобий $p_m(X - S_m | \sigma) / p_0(H | \sigma)$ по аналогии с [11] получим индикатор, характеризующий степень близости вектора наблюдения X к истинному вектору S_m оценок:

$$Ind(X, S_m) = 1 / [1 + \sum_{n=1}^N b_{mn} \frac{(x_n - s_{mn})^2}{\sigma_n^2}], \quad (5)$$

$$\sum_{n=1}^N b_{mn} = 1,$$

где b_{mn} определяют значимости n -ых оценок для m -го состояния. В соответствии с (5) вектор X отнесем к тому из M -классов, для которого значение индикатора $Ind(X, S_m)$ будет максимальным, что максимизирует правдоподобие решения.

Выбирая $s_{mn} = 5$, $\sigma_n = 1$ и $b_{mn} = 1/N$, индикатор (5) преобразуем в нелинейный рейтинг, характеризующий степень успешности обучения (в %):

$$y_{nonlin} = 100 / [1 + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - 5)^2] \quad (6)$$

Введем пороговую функцию, определяющую правила перевода значений нелинейного рейтинга в пороговые оценки:

$$Thr(y_{nonlin}) = \begin{cases} 2, & \text{если } y_{nonlin} \leq 13.40; \\ 3, & \text{если } 13.50 \leq y_{nonlin} \leq 28.58; \\ 4, & \text{если } 29.00 \leq y_{nonlin} \leq 67.00; \\ 5, & \text{если } 67.00 < y_{nonlin}. \end{cases} \quad (7)$$

На диаграммах рис. 6 и 7 приведены примеры линейного и нелинейного оценивания. Видно, что результаты преобразования значений стандартных оценок в значения пороговых оценок

идентичны для любого метода оценивания. Однако для нелинейного рейтинга снимается вырождение оценивания.

Так, например, максимальное значение рейтинга, полученное по первым 20 наблюдениям для последовательности (3, 4, 5, 3, 4, 5, ..., 3, 4, 5) стандартных оценок, равно 37.50. В то же время, максимальное значение рейтинга для последовательности (4, 4, 4, 4, 4, 4, ..., 4, 4, 4) стандартных оценок равно 80.00. Тем самым относительное различие составляет $(80.00 - 37.50) / (80.00 + 37.50) = 0.36$, что в 58 раз превышает относительное различие для линейного балльного оценивания.



Рис. 6. Зависимость значений пороговых оценок от количества стандартных оценок (случай повторяющихся комбинаций стандартных оценок)

Рассмотренное нелинейное оценивание имеет такую же зависимость достоверности оценивания, что и линейное оценивание, так как в основе (6) также лежит накопление. Вычисляя, например, максимальную величину аб-

солютного значения дифференциала для зависимости

$$y_{nonlin} = 1 / [1 + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - 5)^2] \text{ из (6), получим:}$$

$$Sup | dy_{nonlin} | = Sup [\frac{2}{N} \sum_{n=1}^N (5 - x_n) dx_n / (1 + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (5 - x_n)^2)^2] = \frac{6}{N} \sum_{n=1}^N dx_n \quad (8)$$

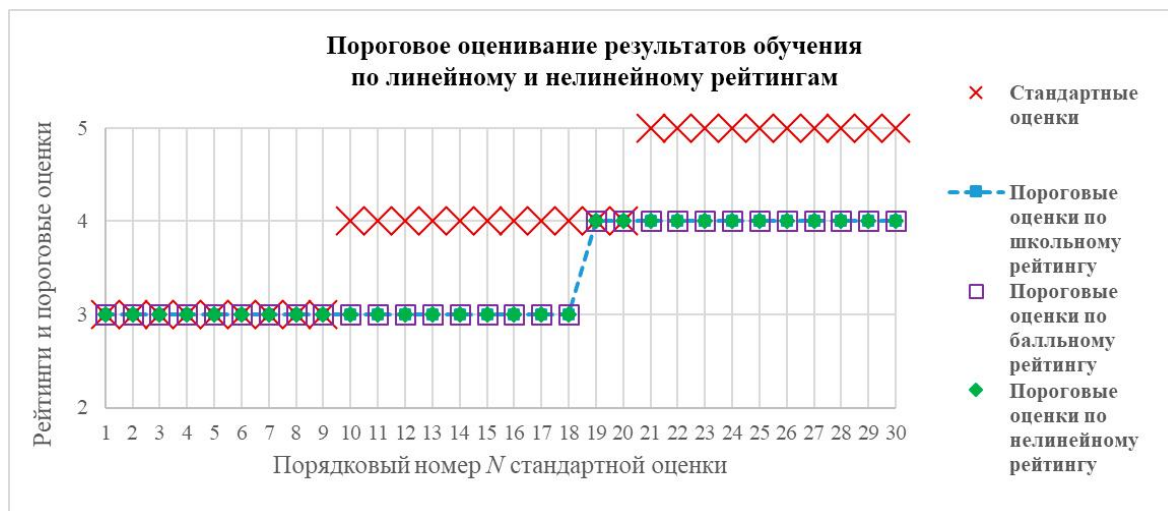


Рис. 7. Зависимость значений пороговых оценок от количества стандартных оценок (случай неповторяющихся комбинаций стандартных оценок)

Тем самым (8) имеет такую же зависимость, как и дифференциал линейного рейтинга. Нелинейное накопление $\sum_{n=1}^N (x_n - 5)^2$ также, как и линейное $\sum_{n=1}^N x_n$, снижает СКО, так $\sigma_{nonlin} = 6\sigma_x / \sqrt{N}$. Применяя те же рассуждения относительно (6), что и для балльного рейтинга в подразделе «Формирование балльного рейтинга», получим зависимость, отраженную на диаграмме рис. 5.

Заключение

Полученные результаты позволяют рекомендовать для контроля выполнения заданий учащимися метод нелинейного рейтинга, который основан на нелинейном оценивании последовательностей стандартных оценок.

Метод нелинейного рейтинга дает те же результаты при его пороговом преобразовании в стандартные оценки, что и простое усреднение, позволяя также использовать значимости заданий. Нелинейное оценивание, также как и линейное, позволяет повысить достоверность оценивания за счет накопления. Вся разница лишь в подборе порогов принятия решений о переводе значений рейтинга в значения стандартных оценок. Как при линейном, так и нелинейном оценивании рекомендуется использовать не более 20 заданий (при 7 заданиях достоверность оценивания до-

стигает 90.63%, при 10 – 93.41%, а при 20 – 96,69%).

Главное преимущество нелинейного оценивания состоит в том, что значимо (более, чем в 10 раз) снижается вырождение, присущее линейному оцениванию. Это позволяет различать комбинации стандартных оценок, а не только значения их сумм и, тем более, средних значений. Важность невырожденности заключается в том, что при увеличении количества заданий для повышения точности оценивания возрастает и количество комбинаций стандартных оценок, приводящих к одним и тем же суммарным значениям. Поэтому по результатам любого линейного оценивания принципиально невозможно проводить сравнительный анализ успеваемости. Нелинейное же оценивание решает эту задачу.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы по теме «Автоматизированная интеллектуальная информационная система управ-

ления (АИИСУ) цифровым университетом. I. Цифровой факультет», выполненной при финансовой поддержке Российского государственного социального университета.

Литература

1. Рейтинги в образовании: от разовых практик к культурным решениям. Сборник материалов. Общественная палата Российской Федерации. Комиссия по развитию науки и образования. Институт образования НИУ ВШЭ. «Социальный навигатор» МИА «Россия сегодня». Евразийская ассоциация оценки качества образования. Москва, 2014. – 176 с.
2. Как выставляют оценки по среднему баллу. Справочник по социальным и юридическим вопросам. luhterdl.ru. URL:<https://luhterdl.ru/kak-vystavlyayut-otsenki-po-srednemu-ballu/#i-7>.
3. Azgaldov Garry G., Kostin Alexander V., Padilla Omiste Alvaro E. The ABC of Qualimetry: the Toolkit for measuring the immeasurable. ParaType, Inc. – Ridero, 2015. – 167 p. URL: http://www.labrate.ru/books/20150831_the_abc_of_qualimetry-text-cc-by-sa.pdf.
4. Девис М.Х.А. Линейное оценивание и стохастическое управление / Перевод с английского / Под редакцией А.Н. Ширяева. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 208 с.
5. Тарасенко Ф.П. О применении рейтинговых оценок в управлении вузом // Проблемы управления в социальных системах. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2011. – Т. 3, вып. 5. – С. 81–96. URL
6. Краснов А.Е., Кузнецова Ю.Г. Информационные технологии оценивания компетенций студентов на основе сложного рейтинга // Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования». 2009. – № 2. – С. 90–94.
7. Грязнова Е.В., Краснов А.Е. Теоретические основы балльно-рейтингового оценивания качества обучения в высшей школе // Психология и Психотехника. 2014. – № 6. – С. 653–663.
8. Феоктистова Н.А. Модели количественного оценивания качества продовольственных товаров. Модели, численные методы и информационные технологии количественного оценивания качества. – Saarbrücken, Deutschland, Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co., 2012. – 153 p.
9. Система оценки качества образования в Санкт-Петербурге в 2017 году / Под ред. В. Н. Волкова и В. Е. Фрадкина. – СПб.: ГБУ ДПО «СПбЦОКОиИТ», 2017. – 114 с.
10. Справочник учебного процесса НИУ ВШЭ. Студенческий рейтинг. URL:<https://www.hse.ru/studyspravka/rate>.
11. Малиновский Л.Г. Анализ статистических связей: Модельно-конструктивный подход. – М.: Наука, 2002. – 688 с.

**О ПРОБЛЕМАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБА**

**ON THE PROBLEMS OF PRESENTING DATA OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION USING SEMANTIC
WEB TECHNOLOGIES**

Сытник Александр Александрович / Alexander A. Sytnik,

д.т.н., профессор, проректор по науке и инновациям, заведующий кафедрой «Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия»

Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. / Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice Rector for Science activities and innovations, Head of the Department "Information Communication Systems and Software Engineering", Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, as@sstu.ru

Шульга Татьяна Эриковна / Tatiana E. Shulga,

д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры «Информационно-коммуникационные системы и программная инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. / Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, professor of the Department "Information Communication Systems and Software Engineering", Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, taiss@yandex.ru

Шульга Игорь Иванович / Igor I. Shulga,

к.и.н, доцент, старший научный сотрудник Саратовского военного ордена Жукова Краснознаменного института войск национальной гвардии Российской Федерации / Candidate of Historical Sciences, Docent, senior researcher, Saratov military Red Banner order Institute of National Guard Troops of the Russian Federation, IgorShulga@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена проблемам представления данных высшего образования и науки Российской Федерации с использованием технологий семантического веба. Разработаны две веб-онтологии, соответствующие наборы связанных открытых данных и веб-приложения, демонстрирующие возможности онтологий. Онтология «Специальности» предназначена для представления данных официальных перечней специальностей и направлений подготовки бакалавров, магистров и аспирантов и перечней научных специальностей, когда-либо действующих в РФ,

онтология «Диссертации научных сотрудников Российской Федерации» – для представления данных о диссертационных работах. Размещенные в открытом доступе онтологии могут быть использованы любыми разработчиками для создания веб-приложений в области высшего образования и науки Российской Федерации.

Abstract

The paper focuses on the problems of data representation using semantic web technologies in the domain of higher education and science of the Russian Federation. We developed two web ontologies, corresponding sets of linked open data and

web applications that demonstrate the capabilities of ontologies. The ontology “Specialties” is for to present data of the lists of specialties, bachelors and masters graduate programs and research specialties ever operating in the Russian Federation, and the ontology “Thesis of Scientific Researchers of the Russian Federation” is for the presentation of data on dissertation works. Any developers can use these open access ontologies to create web applications in the domain of higher education and science of the Russian Federation.

Ключевые слова: семантический веб, связанные открытые данные, онтологическое моделирование, OWL-онтология, веб-приложение, высшее образование, направление подготовки, диссертации.

Keywords: Semantic Web, Linked Open Data, ontology modeling, OWL-ontology, web application, higher education, educational program, thesis.

Введение

В последние два десятилетия активно развивается концепция семантического веба. Одной из основных групп технологий в рамках данной концепции является технологии «связных открытых данных» (англ. Linked Open Data, LOD). Связанные данные это наборы данных, идентифицированных и связанных между собой с помощью специальных указателей (IRI), опубликованные в интернете в RDF-формате с использованием известных онтологий (OWL- или RDFS-онтологий) и доступные для просмотра и анализа с помощью SPARQL-запросов [1]. Использование указанных технологий обеспечивает возможности машинной читаемости и автоматической интеграции данных их разных источников. Открытость данных подразумевает, что их публикация в вебе должна осуществляться под одной из открытых лицензий (т.е. без каких-либо ограничений в виде авторских прав, патентов и других механизмов контроля), что предполагает возможность их использования и переизда-

ния пользователями в своих целях. Правительства зарубежных стран (прежде всего США и стран Западной Европы, являющиеся пионерами в области семантического веба) публикуют с каждым годом все большие объемы открытых связанных данных, в том числе в области образования и науки (например, [2]).

Для оценки открытости данных в статье используется следующая 5-звездочную шкала классификации связанных данных, предложенная консорциумом W3C [1].

* Размещение данных в вебе в любом формате, в любом месте, но под открытой лицензией. Например, размещение PDF-документа с отсканированными таблицами на каком-либо веб-сайте будет оценено одной звездой по данной шкале. Хотя с технической точки зрения это тривиальная задача, но ее выполнение уже означает преодоление социальных, организационных и бюрократических препятствий.

** Использование машиночитаемых форматов, публикация структурированных данных. Например, публикация таблиц Excel (вместо отсканированных таблиц) является наиболее типичным примером двух-звездной публикации данных.

*** 2 уровень + Использование открытых форматов. Это означает, что следует избегать проприетарных форматов, таких как Excel, и вместо этого использовать открытые форматы, такие как CSV или форматы Open Office. Обычно достаточно просто преобразовать формат данных, чтобы перейти от уровня двух звезд к уровню трех звезд.

**** 2+3 уровни + Использование открытых стандартов консорциума W3C (RDF, SPARQL) для идентификации ресурсов, таким образом, чтобы на них можно было сослаться. При этом первым шагом, на котором появляется веб-семантика, является обязательное использование идентификатора IRI для обозначения каждого типа данных, элемента данных и свойства. Это позволяет

другим пользователям ссылаться на опубликованный набор данных.

***** 2+3+4 уровни + Связывание данных с данными других пользователей. Данный уровень подразумевает использование общих словарей (онтологий). Например, можно использовать термин «city» из DBpedia, когда речь идет о классе всех городов, и другие подобные термины для обозначения сущностей и свойств. Такое использование внешних словарей позволяет установить взаимосвязи между наборами данных различных сайтов.

Подчеркнём, что пятый уровень связанности по этой шкале предполагает использование онтологий. Считается, что в научной литературе понятие онтология введено в 1993 г. Томасом Грубером, который определил онтологию как «формальную, явную спецификацию совместно используемой концептуализации» [3]. В соответствии с определением консорциума W3C под онтологией понимается формальная модель представления знаний в некоторой предметной области, которая описывает типы объектов (классы), взаимосвязи между ними (свойства) и способы совместного использования классов и свойств (аксиомы). Одно из часто используемых формальных определений приведено в [4]: под онтологией понимается упорядоченная тройка вида:

$O = \langle T, R, F \rangle$, где T – конечное множество терминов (концептов, понятий, классов) предметной области, которую представляет онтология O ; R – конечное множество отношений между понятиями заданной предметной области; F – конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных на концептах и/или отношениях онтологии O .

Таким образом, построение онтологии заключается в выделении понятий предметной области (классов), отношений между ними и функций их интерпретации. Простейшими примерами онтологий является простой словарь, где множества R, F – пусты или простая

таксономия $O = \langle X, \{subclass_of\}, \{\} \rangle$, у которой X – множество интерпретируемых терминов, а $subclass_of$ – отношение «является подклассом класса». Современные проблемы онтологического моделирования знаний, его достоинства и недостатки более подробно описаны в [5].

На сегодняшний день онтологии на языке OWL и основанные на них наборы связанных данных разработаны в различных предметных областях. Эти онтологии и наборы данных используются как крупнейшими корпорациями мира и правительствами стран, там и небольшими компаниями. С 2005 года выпускается журнал Applied Ontology, в котором публикуются работы, посвященные созданию таких онтологий [6]. Российскими исследователями также активно ведется разработка OWL-онтологий для моделирования знаний в конкретных предметных областях, например, [7-10]. Не исключением является и область образования. Однако, система высшего образования и науки РФ имеет ряд особенностей, которые не позволяют использовать уже разработанные зарубежные онтологии данной предметной области без их расширения.

В данной статье приводится краткий обзор современного состояния открытости данных в сфере высшего образования и науки РФ и представляются результаты двух взаимосвязанных проектов в этой области, выполненных в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. Целью этих проектов являлась разработка веб-онтологий и на их основе наборов открытых связанных данных, которые представлены в официальных источниках Министерства образования и науки РФ (а именно данных перечней специальностей и направлений подготовки бакалавров, магистров и аспирантов, перечней научных специальностей, данных о защищенных диссертациях). Возможности разработанных онтологий продемонстрированы на

примерах соответствующих веб-приложений.

1. Краткий обзор открытых связанных данных в сфере образования

Основной площадкой для публикации открытых данных в РФ на сегодняшний день является портал открытых данных (<https://data.gov.ru>), который функционирует с 2014 года при поддержке аналитического центра при Правительстве РФ. Декларируются следующие цели портала:

- обеспечение централизованного доступа к информационным ресурсам, представленным в форме открытых данных;
- создание информационной площадки для взаимодействия с широкой общественностью по вопросам формирования, публикации и использования открытых данных;
- формирование и реализация единой технологической политики в области открытых государственных данных.

На момент подготовки данной статьи на портале опубликовано более 23 тысяч наборов данных, из них 1236 посвящено сфере образования и только один представлен в формате RDF (без использования IRI и онтологий). Подавляющее число этих наборов данных опубликовано в формате CSV, то есть удовлетворяет только критерию 3-х звезд открытости. Кроме того, большинство наборов данных содержат информацию о системы дошкольного и общего образования РФ.

Кроме того, функционирует портал открытых данных Министерства образования и науки РФ (<http://открытые-данные.минобрнауки.рф>), на котором на данный момент опубликовано 75 наборов данных, в т.ч. посвящённых и высшему образованию. На главной странице портала явным образом указано, что «при формировании наборов, опубликованных на портале открытых данных Минобрнауки России, не использова-

лись онтологии». Таким образом, можно говорить о том, что несмотря на то, что концепция открытых данных в сфере высшего образования и науки признана на государственном уровне, ее реализация тормозится. Это связано по мнению авторов, прежде всего, с отсутствием онтологий, описывающих знания, специфичные в этой сфере для РФ, например, перечни специальностей высшего образования и направлений подготовки бакалавров и магистров в РФ, перечни научных специальностей и т.п. Кроме того, сказывается дефицит специалистов, способных разрабатывать наборы связанных данных в форматах сематического веба.

Разработка открытых связанных данных требует не только технических знаний, но значительных объемов времени, и традиционно в мировой практике к такой работе привлекаются коллективы преподавателей и студентов университетов. В данной статье мы представляем два проекта, выполняемых в Саратовском государственном техническом университет имени Гагарина Ю.А. в последние годы.

2. Онтология «Специальности» и веб-приложение «Направления обучения высшего образования РФ»

Первый проект с условным названием «Специальности» направлен на разработку набора открытых связанных данных официальных перечней специальностей и направлений подготовки бакалавров, магистров и аспирантов и перечня научных специальностей, когда-либо действующих в РФ и СССР. Так как была поставлена задача разработать набор данных, удовлетворяющих критериям 5-ти звезд, то прежде всего был произведен обзор веб-онтологий для представления знаний в области высшего образования.

Для поиска существующих онтологий в области образования использовались следующие ресурсы:

- The Linking Open Data cloud diagram (<http://lod-cloud.net/>);
- Swoogle. Semantic web search (<http://swoogle.umbc.edu/>);
- Linked Open Vocabularies (<http://lov.okfn.org/dataset/lov/>);
- The Mannheim Linked Data Catalog (<http://linkeddatacatalog.dws.informatik.uni-mannheim.de/ru/>).

Подробно были исследованы четыре онтологии, которые представляют знания о структуре вузов:

- University Ontology (draft);
- Academic Institution Internal Structure Ontology (AIISO);
- University Ontology Version: 0.1;
- OLOUD: Ontology for Linked Open University Data;

а также три онтологии для представления структуры учебных программ вузов:

- Educational programs – SISVU;
- School of Electronics and Computer Science (University of Southampton);
- OLOUD: Ontology for Linked Open University Data.

Заметим, что последняя онтология позволяет представить как структуру вуза, так и его образовательные программы. Данные онтологии были выбраны по трем основным критериям: полнота описания выбранной предметной области, соотношение с российскими университетами, наличие комментариев к онтологии.

В таблицах 1, 2 приведено качественное сравнение двух групп онтологий.

Таблица 1. Качественный сравнительный анализ онтологий для представления структуры вузов

Название онтологий / Критерий сравнения	Сущности и отношения, несоответствующие структуре российских вузов	Информация о структурных подразделениях университета	Что нужно доработать для внедрения в российские вузы	Наличие ролей
University Ontology (draft)	5 классов и 1 отношение не пригодны для реализации в российских вузах	6 структурных подразделений	Класс "кандидатская диссертация", редактирование / создание новых классов для административного персонала	15 ролей
Academic Institution Internal Structure Ontology (AIISO)	2 класса и 2 отношения не пригодны для реализации в российских вузах	9 структурных подразделений	Доработка большого количества отношений, таких классов как научные степени и должности, роли, доработка классов структурных подразделений	Отсутствуют
University Ontology, Version: 0.1	Подходят все	2 структурных подразделения	Следует доработать большое количество классов и отношений	Отсутствуют
OLOUD: Ontology for Linked Open University Data	Подходят все	1 общее структурное подразделение	Следует доработать класс "Program type", расширить общий класс "Organization", добавить класс "кандидатская диссертация"	Представлено понятие Person и общее понятие Role

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод, что

под адаптацию для российских вузов с точки зрения представления структуры

вуза больше всего подходит онтология

University Ontology (draft).

Таблица 2. Качественный сравнительный анализ онтологий для представления образовательных программ вузов.

Критерий сравнения/Онтология	Educational programs – SISVU	School of Electronics	OLOUD
Степень адаптации к системе обучения в России	Адаптация возможна, но необходимо доработать отношения	Адаптация затруднена, так как разработано мало отношений. Также необходимо создать подкласс «Аспирант» и изменить «Время обучения» (6 лет)	Адаптация возможна, но необходимо разрабатывать дополнительные классы для представления образовательных программ
Классы для представления образовательных программ	Предусмотрены классы «Предмет», «Программа»	Отсутствуют	Нуждаются в более детальном описании
Классы для представления группировки знаний	Классы «Курс», «Модуль»	Класс «Модуль»	Класс «Курс»
Аналоги в российских вузах	Классы «Время обучения» (по семестрам), «Тип курса» (лекция, практическое занятие)	Классы «Образоват. степень» (бакалавры, магистры), «Время обучения» (по семестрам)	Классы «Академ. год», «Образоват. степень», «Тип обучения»

Таким образом, можно сделать вывод, что под адаптацию для российских вузов с точки зрения представления образовательных программ больше всего подходит онтология OLOUD.

Отметим, что в США и большинстве стран западной Европы, в которых бурно развивается онтологическое моделирование в предметных областях, не существует государственных стандартов на высшее образование, а, следовательно, и четко определённых перечней специальностей высшего образования. В Российской Федерации такие перечни существуют на государственном уровне, кроме того, они постоянно меняются, что создает определенные трудности в разработке программных приложений в этой области. В частности, только с 2004 года сменилось три официальных перечня специальностей и направлений подготовки бакалавров и магистров, аспирантура стала учебной программой и было установлено соответствие направлений аспирантуры

научным специальностям. Данные об этих изменениях публикуются Министерством образования и науки РФ в вебе в виде приказов и инструктивных писем, однако на практике их использование образовательными организациями и гражданами вызывает трудности. Это связано с тем, что данные публикуются в виде pdf-документов, для которых невозможен эффективный машинный анализ.

Поэтому было принято решение разработать онтологию, которая позволила бы хранить данные о различных специальностях высшего образования и направлениях подготовки бакалавров и магистров в РФ и обеспечить их соответствие различным официальным перечням. Такая онтология с названием «Специальности» была разработана коллективом преподавателей и студентов СГТУ имени Гагарина Ю.А. Структура онтологии представлена на рис. 1, назначение классов и используемые для них свойства – в таблице 3.

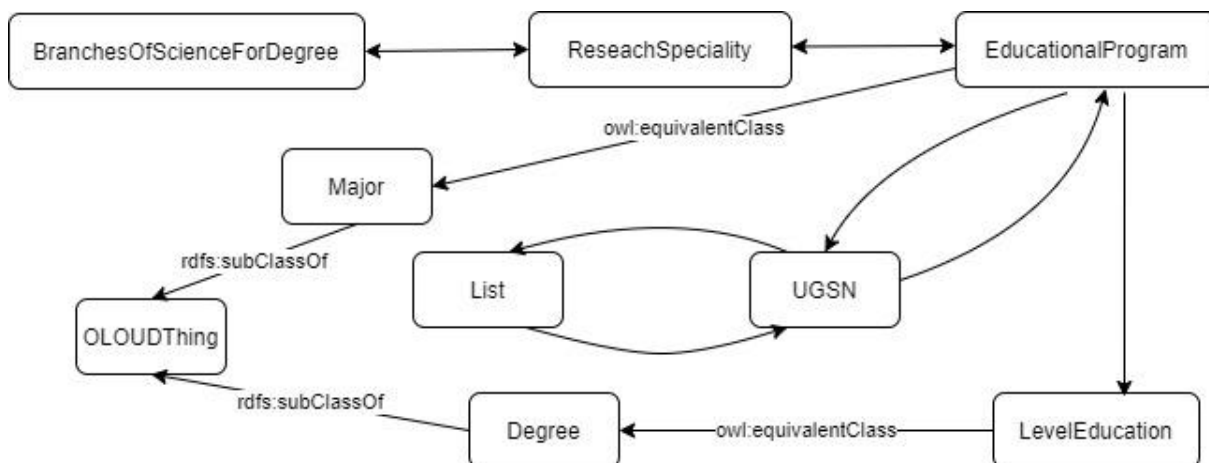


Рис 1. Основные классы онтологии " Диссертации российских ученых "

Таблица 3. Классы онтологии «Специальности»

Класс	Назначение класса
List (Перечень)	Перечень профессий, специальностей и направлений подготовки, утвержденный в РФ. Включает в себя укрупненные группы специальностей и направлений подготовки (УГСН) и, следовательно, соответствующие им специальности и направления подготовки, называемые в данной онтологии обобщенно «образовательные программы». Перечень имеет название, дату введения, название документа, по которому может быть присвоена степень.
UGSN (УГСН)	Укрупненная группа специальностей и направлений подготовки. Включает в себя несколько специальностей и направлений подготовки, относящихся к какой-либо предметной области. Имеет код и название. Каждая УГСН утверждена в одном из перечней.
EducationalProgram (Образовательная Программа)	Образовательная программа (направление подготовки или специальность). Имеет код и название. Соответствует определенному уровню образования (бакалавриат, магистратура, специалитет, аспирантура). Каждая образовательная программа соответствует определённой УГСН. Между образовательными программами, действующими в разные годы и утверждёнными в разных перечнях, устанавливается соответствие специальными документами Минобрнауки России, т.е. каждой программе может соответствовать ноль и более программ из других перечней. Класс EducationalProgram эквивалентен классу Major, импортированному из онтологии OLOUD.
LevelEducation (Уровень подготовки)	Класс определяет уровень подготовки по образовательной программе и включает экземпляры: Бакалавриат, Магистратура, Специалитет, Аспирантура.
ResearchSpecialty (Научная специальность)	Научная специальность. Имеет код, название, соответствует одной или более отрасли наук.
BranchesOfScienceForDegree (Отрасль наук)	Отрасль наук, по которой может быть присвоено ученная степень кандидата и доктора наук в РФ.
Degree	Класс, импортированный из онтологии OLOUD, представляет академическую степень, уровень образования. Этот класс эквивалентен классу «LevelEducation».

Свойства в онтологии разделяются на объектные свойства и свойства типов данных. Объектные свойства он-

тологии (свойства, которые связывают экземпляры двух классов) представлены в таблице 4.

Таблица 4. Объектные свойства онтологии «Специальности»

Объектное свойство	Назначение свойства
dcterms:hasPart	Свойство из онтологии «Dublin Core». Представляет ресурс, который физически или логически включен в описываемый ресурс.
dcterms: isPartOf	Свойство из онтологии «Dublin Core». Представляет ресурс, в котором описываемый ресурс физически или логически включен в какой-либо ресурс.
partOf (входит в)	Свойство, показывающее, что определенный объект является частью другого объекта. Является транзитивным и обратным свойству «consistsOf», подкласс класса dcterms:isPartOf.
isPartOfList (входит в перечень)	Подсвойство свойства «PartOf», показывающее, что определенная УГСН входит в определенный перечень. Доменом является УГСН, диапазоном – перечень, а также оно является обратным свойству «listConsistsOf».
isPartOfUGSN (входит в УГСН)	Свойство, показывающее, что определенная специальность входит в определенную УГСН. Доменом является специальность, диапазоном – УГСН, а также оно является обратным свойству «UGSNConsistsOf».
consistsOf (состоит из)	Свойство, показывающее, что у определенного объекта есть составные части. Является транзитивным и обратным свойству «isPartOf», подкласс класса dcterms:hasPart.
listConsistsOf (перечень состоит из)	Подсвойство свойства «consistsOf», показывающее, что у определенного перечня есть составные части (УГСН). Доменом является перечень, диапазоном – УГСН, а также оно является обратным свойству «isPartOfList».
ugsnConsistsOf (УГСН состоит из)	Подсвойство свойства «consistsOf», показывающее, что у определенного УГСН есть составные части (специальности). Доменом является УГСН, диапазоном – специальность, а также оно является обратным свойству «isPartOfUGSN».
hasLevelEducation (имеет уровень подготовки)	Показывает уровень подготовки определенной специальности. Доменом является специальность, а диапазоном – уровень подготовки. Также является функциональным.
owl:sameAs	Свойство из онтологии «Web Ontology Language», показывающее, что две ссылки на самом деле относятся к одному и тому же объекту, то есть объекты идентичны.
equalsTo (соответствует)	Свойство, показывает, что одна специальность из одного перечня соответствует другой специальности из другого перечня. Домен и диапазон – «Специальность». Является транзитивным и симметричным, подкласс класса owl:sameAs.
UGSNHasUDC	Свойство, показывающее, что определенная УГСН соответствует определенному УДК из онтологии UDC-Scheme.

Кроме того, онтология была интегрирована с онтологией UDC Summary, разработанной консорциумом UDCC, для представления УДК – многоязычной классификационной схемы для всех областей знаний, представляющей гибкую систему классификации для всех видов информации на любом носителе. Система УДК используется во всем мире и опубликована полностью или частично на более чем 40 различных языках. На данном этапе разработки онтологии «Специальности» каждая укрупненная группа специальностей и направлений подготовки связана с одной из 10 основных групп УДК.

Онтология разработана на языке онтологического моделирования OWL с

помощью свободно-распространяемого продукта Protégé. Разработанная онтология и соответствующий набор связанных данных размещен в открытом словаре связанных данных (Linked Open Vocabulary) [11].

Набор связанных данных создавался на основе разработанной онтологии и трех официальных перечней специальностей высшего образования, направлений подготовки бакалавров, магистров, аспирантов, действующих в РФ с 2004 года по настоящее время, а также перечня научных специальностей. Он содержит 2000 экземпляров данных и более 17 тысяч триплетов (выходные данные перечней, названия и коды специальностей и направлений, объеди-

ненных в УГСН. В данный момент студентами СГТУ имени Гагарина Ю.А. подготовлен к публикации новый набор данных, разработанный на основании официальных перечней, действующих в РФ с 2000 по 2004 гг., и содержащий информацию более чем о 1300 специальностях (19 тысяч триплетов) [12].

Процесс конвертации данных из упомянутых выше официальных документов, представленных в открытом до-

стуге в формате PDF, в формат RDF был достаточно трудоемким. После преобразования документов в табличный формат необходимо было выбрать инструмент, с помощью которого будет проведена конвертация табличных данных в формат RDF. С этой целью был проведён сравнительный анализ приложений OpenRefine, Sheet2RDF, XLWrap, результаты которого представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнительный анализ приложений для конвертации данных в формат RDF

Функции\Программа	OpenRefine	Sheet2RDF	XLWrap
Очистка данных	+	-	-
Согласование и сопоставление данных	+	-	-
Создание связи данных со схемой	+	+	-
Работа со SPARQL точкой доступа	+	-	+
Генерация триплетов	+	+	+
Наличие графического интерфейса	+	+	-
Интеграция таблиц из распределённых местоположений	-	-	+

В результате сравнения средств для конвертации табличных данных в RDF-файл было выявлено, что приложение OpenRefine наиболее полно соответствует целям проекта, так как реализует необходимые функции очистки данных, создания связи данных со схемой и преобразования данных в RDF формат, а также имеет удобный графический интерфейс.

К опубликованному набору данных организован доступ через специальную точку SPARQL-доступа (<http://sparql.sstu.ru:3030>). Заметим, что для рядового пользователя интернета такой способ не представляется удобным, однако решение этой задачи являлось необходимым требованием для публикации данных в облаке открытых связанных данных.

Для демонстрации возможностей онтологии разработано веб-приложение [13], доступное по адресу <http://los.sstu.ru>, которое, в частности, позволяет определить по году получения диплома о высшем образовании и специальности в дипломе, соответствие

специальности или направлению из перечня, действующего в настоящий момент. Приложение разработано с помощью технологий Java, Spring Framework, Apache Tomcat, AngularJS, Twitter Bootstrap, JSON и реализует следующие основные функции:

- поиск направлений обучения с возможностью фильтрации по году, названию, коду;
- нахождение соответствующих направлений из других перечней, поиск направлений аспирантуры и соответствующих им научных специальностей;
- просмотр перечней и входящих в них направлений и УГСН.

Очень важно с практической точки зрения наличие в приложении кнопки «Объяснение», с помощью которой можно получить ссылки на официальные источники информации (приказы и инструктивные письма). Пример фрагмента интерфейса веб приложения представлен на рис. 2.

Направление/Специальность "Программная инженерия "

Общая информация

Код	231000
Название	Программная инженерия
Уровень подготовки	Бакалавриат
Документ	<u>Перечень 337</u>
Годы действия	2011-2012
УГСН	Информатика и вычислительная техника
УГСН код	230000
УДК	<u>ОБЩИЙ ОТДЕЛ. НАУКА И ЗНАНИЕ. ИНФОРМАЦИЯ.</u> <u>ДОКУМЕНТАЦИЯ. БИБЛИОТЕЧНОЕ ДЕЛО. ОРГАНИЗАЦИИ.</u> <u>ПУБЛИКАЦИИ В ЦЕЛОМ</u>

Соответствующие направления/специальности

Направление/Специальность	Код	Уровень подготовки	УГСН	Перечень	Годы действия
Информатика и вычислительная техника	230100	Бакалавриат	Информатика и вычислительная техника	ОКСО	2004-2011
Программная инженерия	09.03.04	Бакалавриат	Информатика и вычислительная техника	1061	2012-наши дни
Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем	230105	Специалитет	Информатика и вычислительная техника	ОКСО	2004-2011

▲ Обоснование

Направление (специальность) "Программная инженерия " с кодом 231000, действовавшее с 2011 по 2012, входило в перечень 337

На основании письма Министерства образования и науки РФ от 24 июня 2014 г. N АК-1666/05 этой специальности соответствуют:

- "Информатика и вычислительная техника " с кодом 230100 находился в перечне ОКСО и действовал с 2004 по 2011
Юридический документ: Постановление Госстандарта России от 30.09.2003 № 276-ст
- "Программная инженерия " с кодом 09.03.04 находился в перечне 1061 и действовал с 2012 по наши дни
Юридический документ: Закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. N 1061

Рис. 2. Пример результата выполнения запроса к набору связанных данных (данные о направлении подготовки «Программная инженерия»)

3. Онтология «Диссертации научных сотрудников РФ» и веб-приложение «Подбор оппонентов»

Целью второго проекта, представляемого в данной статье, является разработка веб-приложения для подбора официальных оппонентов по диссертациям на основе набора открытых связанных данных. В нормативных документах, регламентирующих процесс защиты диссертационных работ в РФ, указано, что основная роль в оценке

диссертации принадлежит именно оппонентам. А значит их подбор и назначение является одной из основных задач любого диссертационного совета. Заметим, что официальные оппоненты назначаются из числа компетентных ученых, которые имеют публикации по тематике диссертационной работы и давших на это согласие.

Предлагаемая система подбора оппонентов, которая на данный момент не имеет аналогов, позволит по введен-

ным данным (ключевые слова диссертации, научная специальность, отрасль наук и т.д.) найти ученого на роль оппонента при защите диссертации. При этом предполагается, что система будет осуществлять следующие основные функции:

- поиск данных конкретного ученого (научной специальности его диссертации, ученой степени и отрасли наук, его публикаций) на предмет соответствия его в качестве оппонента заявленной диссертации;
- формирование документа в формате word с списком публикаций конкретного ученого, соответствующих заявленной теме диссертации (ключевым словам);
- поиск потенциальных оппонентов на основе анализа диссертаций, которые ими защищены;
- поиск потенциальных оппонентов на основе анализа публикаций из реферативных систем и баз данных (в первом прототипе приложения использована Российская научная электронная библиотека elibrary.ru, в дальнейшем возможно подключение таких систем как Scopus, Web of Science и др.).

Очевидно, что решение этих задач предполагает интеграцию данных из различных источников (информации об ученых и их публикациях). Для решения этих задач использован онтологический подход, а именно разработана OWL-онтология «Диссертации российских научных сотрудников». Данная онтология позволяет представлять данные о диссертациях, защищенных в РФ на соискание ученой степени кандидата или доктора наук. Особенностью защиты диссертаций в РФ является то, что каждая диссертация защищается по определенной научной специальности (или по двум специальностям) из утвержденного списка. Каждая научная специальность имеет код и название (например, 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), а также соответствует отрасли (или нескольким отраслям) наук (например, технические, физико-математические науки и т.д.).

Предварительно был проведен анализ существующих онтологий, позволяющих описывать научные труды, результаты которого представлены в таблице 6.

Таблица 6. Сравнение онтологий для предоставления научных публикаций

Понятия/Онтология	FRBR	CERIF	SPAR	BIBO	PROV-O
Научная работа	+	-	+(с помощью FRBR)	-	+
Текст	+	-	-	-	+
Содержание	+	-	-	-	-
Персона	+	+	-	+(с помощью FOAF)	+
Библиографический список	-	-	+	+	+
Место публикации	+	-	-	-	-

Из таблицы 6 видно, что онтология FRBR позволяет наиболее подробно описать научный труд.

Таким образом, при разработке онтологии «Диссертации научных сотрудников РФ» за основу были взяты:

- онтология «Специальности», представленная выше (так как в ней существует классы «НаучнаяСпециальность», «ОтрасльНаук» и соответствующие свойства);

– популярная онтология описания личности человека – FOAF, которая позволяет представить данные об имени, фамилии, отчестве, контактах, связях человека и т.п;

– онтология FRBR, позволяющая описывать научные работы.

Общая схема онтологии (основные классы и объектные свойства) представлена на рис. 3.

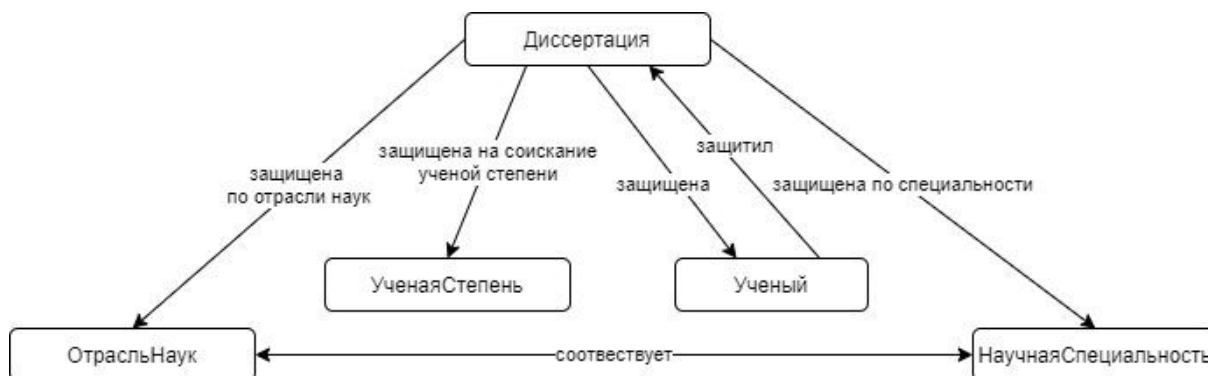


Рис 3. Основные классы онтологии " Диссертации научных сотрудников РФ "

Так же были разработаны свойства типа данных. Одним из важных свойств онтологии является свойство SPIN-код, значением которого для конкретного ученого является его персональный идентификационный код автора в информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX. Именно это свойство

будет использоваться в веб-приложении для быстрого доступа к публикациям ученого в системе elibrary.ru.

Важной частью разработки онтологии стало написание аксиом. Аксиомы для основного класса онтологии "Диссертация" представлены на рис. 4.

- **защищена exactly 1 Ученый**
- **защищенаПоСпециальности max 2 НаучнаяСпециальность**
- **защищенаПоСпециальности min 1 НаучнаяСпециальность**
- **имеетВведение exactly 1 xsd:string**
- **имеетСодержание exactly 1 xsd:string**
- **имеетЗаключение exactly 1 xsd:string**
- **защищенаПоОтраслиНаук exactly 1 ОтрасльНаук**
- **защищенаНаСоисканиеУченойСтепени exactly 1 ОтрасльНаук**

Рис 4. Аксиомы для класса "Диссертация"

Онтология «Диссертации научных сотрудников РФ» разработана в редакторе Protégé и более подробно описана в [14]. Онтология была использована при разработке веб-приложения «Подбор оппо-

нентов», функции которого представлены выше. Все компоненты системы, обеспечивающей работу веб-приложения, изображены на рис. 5.

Опишем их подробнее.



Рис. 5. Компоненты системы, обеспечивающей работу веб-приложения «Подбор оппонентов»

Для создания RDF-набора данных на основе онтологии «Диссертации научных сотрудников РФ» и данных о диссертациях российских ученых до 2013 года был написан парсер научной электронной библиотеки диссертаций и авторефератов disserCat (<http://www.dissercat.com/>). Каталог диссертаций по всем специальностям представлен на главной странице сайта, поэтому задача парсера – выгрузить все диссертации, которые доступны в каталоге, и занести данные о них в онтологию. Парсер был написан на языке PHP. Для заполнения онтологии были получены следующие данные со страниц диссертаций на сайте disserCat: название диссертации, автор диссертации, год написания диссертации, ученая степень, на соискание которой защищалась диссертация, отрасль наук, место защиты диссертации, название специальности, по которой защищалась диссертация, введение диссертации, содержание

диссертации, заключение диссертации. Для разбора HTML страниц было решено использовать библиотеку PHP Simple HTML DOM, который позволяет работать с html-кодом, используя jQuery-подобные селекторы. SPIN-код автора диссертации заполнялся на основе запроса к библиотеке elibrary.ru. Таким образом, онтология была наполнена данными о более чем 10 000 диссертаций, защищенных в РФ в 1990-2012 гг. на основе данных disserCat.

Для наполнения онтологии данными о диссертациях, защищённых с 2013 года по настоящее время, был разработан аналогичный парсер электронного каталога Российской государственной библиотеки (<https://search.rsl.ru>). Единственным недостатком последнего ресурса как источника данных является то, что он не предоставляет данные о введении, содержании и заключении диссертации, а значит поиск по ключевым словам в

разрабатываемом приложении возможно производить только в названии диссертации.

Онтология «Диссертации научных сотрудников РФ» и соответствующий набор связанных данных опубликован в открытом доступе [15]. Кроме того, была организована SRAQL-точка доступа к набору данных, к которой веб-приложение «Подбор оппонентов» и посылает запросы. После выполнения запроса для каждого найденного ученого по его SPIN-коду осуществляет поиск его публикаций в eLibrary, соответствующих теме диссертации. При этом сравниваются ключевые слова, характеризующие планируемую к защите диссертацию, и ключевые слова из профиля автора в eLibrary. Пользователю веб-приложения предоставляется список потенциальных оппонентов, удовлетворяющих критериями поиска, и ранжированный по количеству совпадений заданных ключевых слов с диссертацией потенциального оппонента и ключевыми словами его публикаций. Кроме того, приложение позволяет для конкретного ученого сформировать документ со списком его публикаций, советующих

теме защищаемой диссертации, который требуется ВАК.

Представленные в статье онтологии «Специальности» и «Диссертации научных сотрудников РФ» и разработанные на их основе наборы связанных данных, удовлетворяющие критериям 5 звезд по Тиму Бернесу-Ли, опубликованы в вебе ([11] и [15], соответственно), являются открытыми и легко расширяемыми. Они могут быть использованы любыми разработчиками для создания веб-приложений в области высшего образования и науки РФ, в которых требуются данные о бывших или ныне действующих перечнях специальностей и направлений подготовки, научных специальностях, диссертациях, защищённых российскими учеными. Примерами таких приложений могут быть сайты вузов, сайты министерств и ведомств, в том числе сайт Высшей аттестационной комиссии РФ.

Представленные проекты являются развивающимися. Авторы будут рады любым замечаниям и предложениям по уточнению предложенных онтологий от специалистов в соответствующих предметных областях и готовы к сотрудничеству.

Литература

1. Tim Berners-Lee Linked Data [Электронный ресурс] URL: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html> (дата обращения 30.01.2020).
2. Kelle Pereira, Crystiam & Siqueira, Sean & Pereira Nunes, Bernardo & Dietze, Stefan. (2017). Linked data in Education: a survey and a synthesis of actual research and future challenges. IEEE Transactions on Learning Technologies. 1-1. 10.1109/TLT.2017.2787659.
3. Gruber T. A translation approach to portable ontology specifications//Knowledge Acquisition 5 (2): pp. 199-220.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: учеб. для вузов. СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
5. Шульга Т.Э., Сытник А.А. Современные проблемы онтологического моделирования в информационных системах // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.11. / под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. – 2017. – С. 43-52.

6. Guarino, N., Musen, M. Applied ontology: The next decade begins (2015) *Applied Ontology*, 10 (1). pp. 1-4.
7. Городецкий В.И., Тушканова О.Н. Онтологии и персонификация профиля пользователя в рекомендующих системах третьего поколения // *Онтология проектирования*. – 2014. – № 3 (13). – С. 7-31.
8. Пономарев А.В. Онтология для описания приложений, использующих элементы крауд-вычислений // *Кибернетика и программирование*. – 2018. – № 3. – С. 25-37.
9. Nikulina Y., Shulga T., Sytnik A., Frolova N., Toropova O. Ontologies of the fire safety domain // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2019. Vol. 199. С. 457-467.
10. Shulga T., Sytnik A., Danilov N., Palashevskii D. (2020) Ontology-Based Model of User Activity Data for Cyber-Physical Systems. In: Kravets A., Bolshakov A., Shcherbakov M. (eds) *Cyber-Physical Systems: Advances in Design & Modelling*. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol 259. Springer, Cham.
11. Онтология «Специальности» в открытом словаре связанных данных LOV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lov.okfn.org/dataset/lov/vocabs/losp> (дата обращения 30.01.2020).
12. Пантелеева Е.Е. Разработка rdf-документов на основе онтологии "Специальности" // *Проблемы управления в социально-экономических и технических системах. Сборник научных статей XV Международной научно-практической конференции*. – 2019. – С. 198-201.
13. Шульга Т.Э., Паневин Д.И., Дмитриев А.О. Открытые связанные специальности. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619855 от 13 августа 2018 г.
14. Shulga, T., Sytnik, A., Kumova, S., Isaev, D. Web service for the dissertation opponents selection based on ontological approach (2019) *CEUR Workshop Proceedings*, 2413. pp. 145-151.
15. Dissertation OWL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/giraus/dissertation> (дата обращения 30.01.2020).

**СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ
ФАКУЛЬТЕТОМ**

**CREATION OF A PROTOTYPE OF AUTOMATED INTELLECTUAL DIGITAL
FACULTY MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM**

Краснов Андрей Евгеньевич / Andrey E. Krasnov,

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационной безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of the Department of Information Security, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University, krasnovmgutu@yandex.ru

Никольский Дмитрий Николаевич / Dmitrii N. Nikol'skii,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of physical and mathematical sciences, assistant professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University, nikolskydn@mail.ru

Пивнева Светлана Валентиновна / Svetlana V. Pivneva,

кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of pedagogical sciences, assistant professor, head of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University, tlt-svetlana@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрено создание автоматизированной интеллектуальной информационной системы управления цифровым факультетом как инструментального средства, которое позволило бы оперативно собирать и качественно анализировать персональные и обобщённые по отдельным структурным подразделениям данные для получения надёжных результатов научно-исследовательской деятельности и оценки инновационного

потенциала вуза в целом. Использование информационных ресурсов, характеризующих деятельность как отдельных подразделений, так и вуза в целом, способно влиять на управленческие решения.

Abstract

The article describes the creation of an automated intellectual information management system for the digital faculty as a tool that would quickly collect and qualitatively analyze personal and generalized data

for individual structural units to obtain reliable results of research activities and estimations of the innovative potential of the university as a whole. The use of information resources characterizing the activities of both individual departments and the university as a whole is capable of influencing management decisions.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная система, управление, цифровой университет, базы данных, фактографические данные, метаданные, нейросетевое агрегирование.

Keywords: intelligent information system, management, digital university, databases, factual data, metadata, neural network aggregation.

Ведение

Цель разработки интеллектуальной системы управления цифровым факультетом – создание инструментального средства, которое позволило бы оперативно собирать и качественно анализировать персональные и обобщённые по отдельным структурным подразделениям данные для получения надёжных результатов научно-исследовательской деятельности и оценки инновационного потенциала вуза в целом [1-4].

Основные задачи информационной системы поддержки инновационной деятельности университета [5-8]:

- оценка инновационного потенциала структурных подразделений;
- выявление основных направлений инновационной деятельности, определение трендов технологического развития;
- информационно-аналитическая поддержка управления жизненным циклом проектов и инновационных процессов, взаимодействия участников процессов;
- поиск перспективных авторских коллективов;
- хранение и систематизация сведений о научно-исследовательских, технических и инновационных разработках, а также помощь в решении задачи мониторинга инновационного пространства.

Следует отметить, что использование информационных ресурсов, характеризующих деятельность как отдельных подразделений, так и вуза в целом, способно влиять на управленческие решения. Они определяют последовательность действий, которая обеспечивает высокое качество и инновационность учебных и научных результатов, необходимых для укрепления конкурентных преимуществ и достижения стратегических целей вузов [9].

В настоящее время существует ряд различных информационных ресурсов и систем, ориентированных на информационное обеспечение инновационной деятельности. Среди них разработанные с целью обеспечения комплексного подхода к мониторингу региональных инновационных систем Российской Федерации и, в целом, национальной инновационной системы Федеральный портал по научной и инновационной деятельности [10], Национальный центр по мониторингу инновационной инфраструктуры научно-технической деятельности и региональных инновационных систем (НИАЦ МИИРИС) [11], портал «Развитие инновационной инфраструктуры в российских вузах». Однако, в силу ряда причин, информация в данных системах не всегда может быть использована для отражения инновационной деятельности отдельного вуза. Это объясняет необходимость развивать имеющиеся в вузах системы мониторинга научно-инновационной деятельности и модифицировать их под задачи функционирования организации с инновационной структурой.

Назрела необходимость не только собирать информацию о деятельности каждого отдельного преподавателя и сотрудника, а также структурных подразделений, но и консолидировать эту информацию по определённым направлениям с применением к большим данным технологий искусственного интеллекта [12].

1. Иерархическая модель системы цифрового факультета – от факто-

графических данных к метаданным

Автоматизированную интеллектуальную информационную систему управления цифровым факультетом (АИИСУ ЦФ) предлагается строить с учетом трех уровней потоков данных, как показано на рис.1.

Первый уровень включает базы фактографических данных (БФД) в виде совокупности реляционных баз данных, например, таких как: база данных портфолио студентов (БД ПФС), база данных портфолио преподавателей (БД ПФП) и др. На данный момент БД ПФС содержит информацию более чем о 3000 студентов и продолжает пополняться.

Второй уровень должен включать экспертную систему управления мета-

данными (ЭС УМД). Основная задача второго уровня – это формирование обобщенной информации в виде метаданных о всех данных первого уровня для их семантического (смыслового) описания. Такое исходное описание должно строиться на базе применения кортежей теоретико-множественного формализма к анализу фактографических данных для их семантического агрегирования.

Третий уровень должен включать механизм нечеткого описания слабо формализованных метаданных второго уровня и их нейросетевое агрегирование по основным направлениям, а именно, направлениям научно-исследовательской и инновационной деятельности.



Рис. 1. Уровни больших данных, которыми оперирует АИИСУ ЦФ

Ниже представлены модели нейросетевого агрегирования для формирования и управления метаданными, необходимыми для оценивания эффективности функционирования вуза по системе основных критериальных исходных показателей его НИИД.

2. Экспертная система формирования и управления метаданными

ЭС УМД должна взаимодействовать с физической базой исходных фактографических данных (БФД) первого уровня, систему управления базами данных (СУБД) и специализированное программное обеспечение (СПО) – объектно-ориентированный

комплекс программ (ООП), базовый класс Model которого инкапсулирует средства для работы с реляционными таблицами (РТ) БФД. Структура ЭС УМД с нейросетевым агрегированием фактографических данных (НАФД) показана на рис. 2.

На рисунке схематически показан предлагаемый механизм НАФД, заключающийся в процессе формирования из исходных реляционных таблиц (РТ) данных (показателей деятельности студентов, преподавателей, сотрудников и подразделений) новых РТ с данными, консолидирующими исходные.

СПО формирует следующие подуровни представления показателей деятельности вуза: стандартный для СУБД подуровень представления исходных показателей деятельности (комплекс исходных РТ); подуровень метаданных в виде НАФД (различные консолидированные отчетности по результатам запросов); подуровень метаданных с нечетким описанием слабоформализованных данных (НОСФД) и их нейросетевого параметрического агрегирования данных (НПАД).

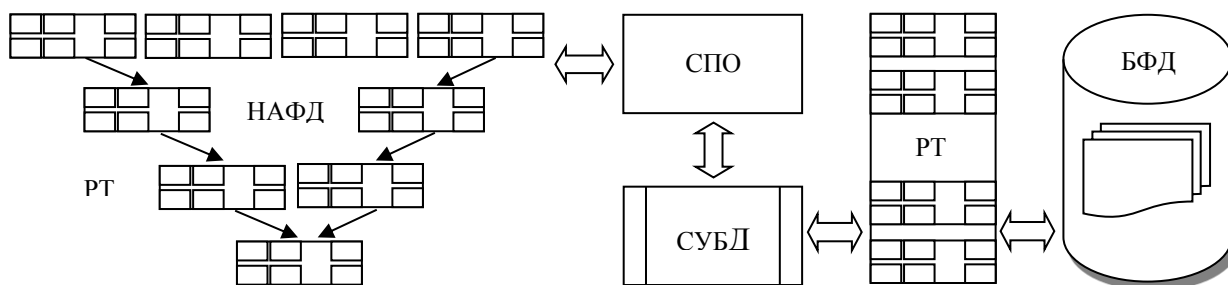


Рис. 2. Структура ЭС УМ с НАФД

3. Модель нейросетевого агрегирования фактографических данных

Дочерние классы {class Name_1(models.Model), class Name_2(models.Model), ..., class Name_N(models.Model)} базового класса Model позволяют реализовывать конкретные модели соответствующих РТ {Name_1, Name_2, ..., Name_N}. Например, модели Journal:

```
class Journal (models.Model):
    name = models.CharField (u'Полное название журнала', max_length=500, help_text=u'
```

Укажите официальное название журнала без сокращений.')

```
    impact = models.FloatField(u'Импакт-фактор журнала', help_text=u' Укажите импакт-фактор журнала.')
```

...
соответствует таблица journal.

Другая модель – статья в журнале:

```
class Article(models.Model):
    author = models.ManyToManyField(Users, help_text='Укажите всех авторов статьи.')
    journal = models.ForeignKey(Journal, help_text=u'Укажите журнал.')
    year = models.PositiveIntegerField(u'Год публикации', help_text=u'
```

'Укажите год публикации.'), которая соответствует другой таблице – article.

Для отображения содержимого этих таблиц (фактографических данных или показателей организации), в том числе, и в агрегированном виде (в результате запросов к содержимым этих таблиц) используют различные шаблоны выбранной модели-представления данных.

Так, на рис. 3 показано представление модели Journal – для сотрудника,

заполняющего форму, в которой нужно указывать журнал.

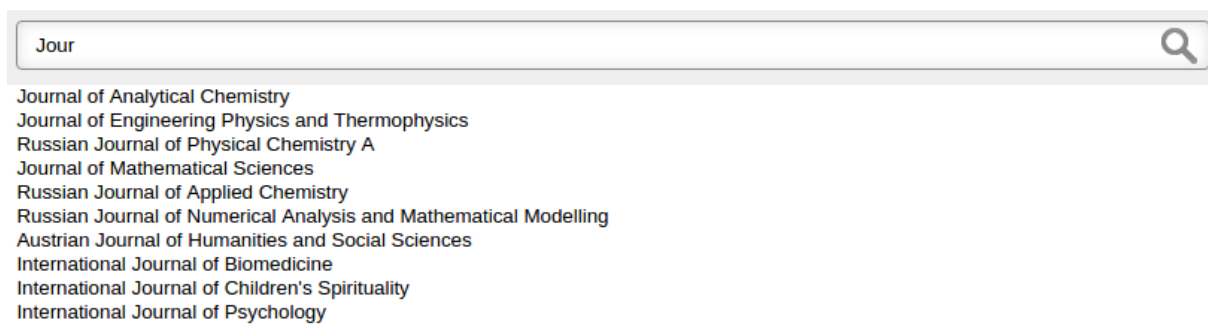


Рис. 3. Представление модели Journal для сотрудника

Данное представление позволяет найти журнал в списке.

Другое представление модели Journal – для администратора, допущенного к редактированию данных (рис.4).

Search 42 results (750 total)		Filter
Full journal name	Journal Impact Factor	
<input type="checkbox"/> High Temperature	1.156	Is the journal peer-reviewed? All Yes No
<input type="checkbox"/> Journal of Analytical Chemistry	0.812	Ownership of RINCC All Yes No
<input type="checkbox"/> Russian Journal of Plant Physiology	0.759	
<input type="checkbox"/> Semiconductors	0.705	Ownership of WoS All Yes No
<input type="checkbox"/> Applied Biochemistry and Microbiology	0.658	
<input type="checkbox"/> Computational Mathematics and Mathematical Physics	0.585	Ownership of VAK list All Yes No
<input type="checkbox"/> Technical Physics Letters	0.583	
<input type="checkbox"/> Russian Journal of Inorganic Chemistry	0.545	Ownership of VAK list All Yes No
<input type="checkbox"/> Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics	0.539	
<input type="checkbox"/> Inorganic Materials	0.51	Ownership of VAK list All Yes No
<input type="checkbox"/> Doklady Earth Sciences	0.495	
<input type="checkbox"/> Russian Journal of Physical Chemistry A	0.488	Ownership of VAK list All Yes No
<input type="checkbox"/> Doklady Physical Chemistry	0.475	
<input type="checkbox"/> Differential Equations	0.416	Ownership of VAK list All Yes No
<input type="checkbox"/> Theoretical Foundations of Chemical Engineering	0.376	
<input type="checkbox"/> Doklady Mathematics	0.307	Ownership of VAK list All Yes No

Рис. 4. Представление модели Journal для администратора

На основе модели-представления можно строить различные описания агрегатов, консолидирующих как фактографические, так и метаданные.

Так, например, на рис.5 приведено агрегированное представление модели Journal, в котором из справочника Журнал–РТ journal БД выбраны все журналы с импакт-фактором, превышающим 0.5.

```
mysql> select name, impact from journal where impact>0.5;
+-----+-----+
| name                                     | impact |
+-----+-----+
| Journal of Analytical Chemistry          | 0.812  |
| High Temperature                        | 1.156  |
| Technical Physics Letters                | 0.583  |
| Applied Biochemistry and Microbiology   | 0.658  |
| Inorganic Materials                     | 0.51   |
| Semiconductors                          | 0.705  |
| Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics | 0.539  |
| Russian Journal of Inorganic Chemistry   | 0.545  |
| Computational Mathematics and Mathematical Physics | 0.585  |
| Russian Journal of Plant Physiology      | 0.759  |
| Психологическая наука и образование    | 0.757  |
| Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии | 1.217  |
+-----+-----+
12 rows in set (0.00 sec)
```

Рис. 5. Агрегированное представление модели Journal (выбор журналов с импакт-фактором, превышающим 0.5)

На рис. 6 приведено агрегированное представление модели Journal, для которого из справочника Журнал–РТ journal БД выбраны все журналы с импакт-фактором, превышающим 0.1, и частотой их использования.

```
mysql> select journal.name, count(journal.name) from article, journal where journal_id =
journal.id and journal.impact>0.1 group by journal.name order by count(journal.name) desc;
+-----+-----+
| name                                     | count(journal.name) |
+-----+-----+
| Вестник ОрелГИЭТ                        | 3                  |
| Mediterranean Journal of Social Sciences | 2                  |
| Инициативы XXI века                     | 2                  |
| Паллиативная медицина и реабилитация  | 2                  |
| Differential Equations                   | 1                  |
+-----+-----+
```

Рис. 6. Агрегированное представление модели Journal (выбор журналов с импакт-фактором, превышающим 0.1, и частотой их использования)

Модель НАФД осуществляет агрегирование исходных фактографических данных по аналогии с широко известными моделями функционирования конечных автоматов или статических компьютерных нейронных сетей: множество многочисленных входных данных отображается в множество небольшого количества выходов, каждый из которых характеризует определенный класс связей (отношений) между входными данными [13-17]. Однако эта аналогия имеет и существенное отличие – при обучении нейронных сетей на каждом слое (уровне представления) формируют лишь веса связей нейронов с нейронами других слоев. При рассмотренном выше агрегировании фактографических данных каждый новый уровень представления содержит не веса связей, а обобщенное описание данных других уровней.

4. Простая модель нечеткого описания метаданных и их нейросетевого параметрического агрегирования с учетом синергетического эффекта

Представим нечеткое описание метаданных научно-инновационной деятельности.

Потенциал (индикатор) *I* или нечеткое описание метаданных, связанных с количественным значением *x* любого показателя НИИД сотрудника факультета, оценим как:

$$I = \frac{x^2}{1+x^2}, \text{ или } I = \frac{x}{1+x}, \tag{1}$$

где x – количественное значение показателя ($x = 1, 2, \dots, N$).

Для любой зависимости из (1) при увеличении x потенциал растет и стремится к 1, как показано на рис. 7.

В дальнейшем рекомендуется использовать потенциал $I = \frac{x}{1+x}$ с более медленным ростом.

Потенциалы сотрудников аддитивны. Так, потенциал факультета (кафедры) по любому показателю оценивается как среднее значение потенциалов всех M сотрудников подразделения:

$$\langle I \rangle = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_m = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{x_m^2}{1+x_m^2}, \text{ или } \langle I \rangle = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{x_m}{1+x_m}. \quad (2)$$

Так, например, если на кафедре $M=10$ сотрудников и 4 из них имеют $x=3$ коллективных статей, то потенциал каждого сотрудника по данному показателю будет иметь значение:

$$I_m = \frac{3^2}{1+3^2} = \frac{9}{10} = 0,9, \text{ или } I_m = \frac{3}{1+3} = \frac{3}{4} = 0,75. \quad (3)$$

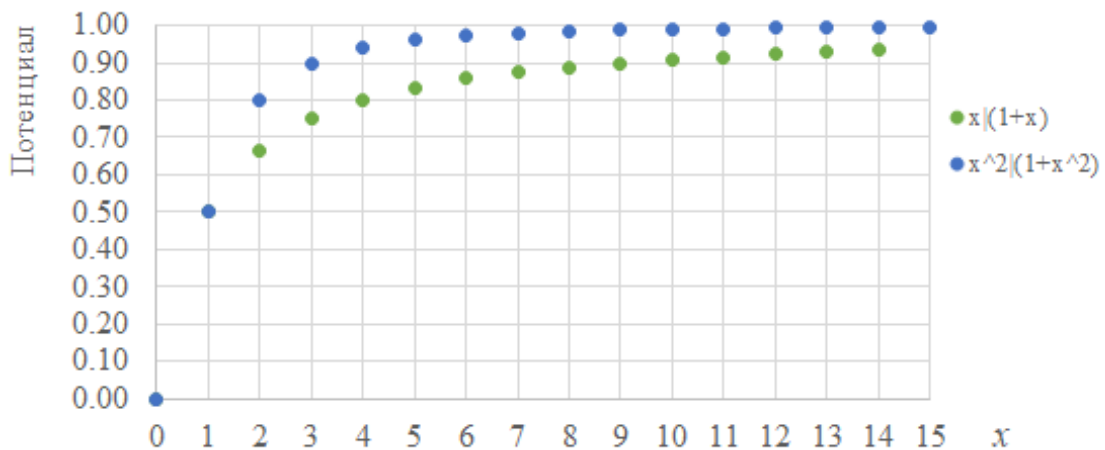


Рис. 7. Зависимость потенциала от значения числового показателя

Если оставшиеся 6 сотрудников не имеют статей, то потенциал кафедры по данному показателю будет иметь значение:

$$\langle I \rangle = \frac{1}{10} 4 * 0,9 = 0,36. \quad (4)$$

Аддитивность потенциала и приведенный пример учитывает то обстоятельство, что серьезные рецензируемые журналы не принимают статьи с количеством авторов более 4-х.

Рассмотрим агрегирование метаданных научно-инновационной деятельности с учетом синергетического эффекта. По каждому направлению научно-инновационной деятельности производится агрегирование потенциалов парциальных показателей направлений с учетом значимости λ_k каждого k -го показателя, а также синергетического эффекта от парциальной корреляции значений показателей:

$$I_{\Sigma} = \sum_{k=1}^K \lambda_k I_k + \sum_{k \neq l} \sum_{l=1}^{K-1} \lambda_k \lambda_l \sqrt{I_k I_l (1 - I_k)(1 - I_l)}, \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1. \quad (5)$$

В (5) коэффициенты $\lambda_k \lambda_l$ можно рассматривать как коэффициенты слабых парных взаимодействий (корреляций) парциальных потенциалов I_k ($k = 1, 2, \dots, K$).

Для факультетов (кафедр) агрегированный потенциал имеет аналогичный вид:

$$\langle I \rangle_{\Sigma} = \sum_{k=1}^K \lambda_k \langle I_k \rangle + \sum_{k \neq l} \sum_{l=1}^{K-1} \lambda_k \lambda_l \sqrt{\langle I_k \rangle \langle I_l \rangle (1 - \langle I_k \rangle)(1 - \langle I_l \rangle)}, \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1. \quad (6)$$

Рассмотрим, например, потенциал научной активности (НА), приняв соответствующие значения значимостей ее показателей:

$\lambda_1 = 0,5$ – значимость публикаций с РИНЦ;

$\lambda_2 = 0,3$ – значимость выступлений и публикаций докладов на конференции;

$\lambda_3 = 0,1$ – значимость инициативных внутренних НИР с внутренними изданиями (отчетами, препринтами);

$\lambda_4 = 0,1$ – значимость поданных заявок на гранты Минобрнауки России, РФФИ, РНФ и др.

В результате потенциал $\langle I_{НА} \rangle$ научной активности факультета (кафедры) примет значение:

$$\begin{aligned} \langle I_{НА} \rangle_{\Sigma} = & 0,5 * \langle I_1 \rangle + 0,3 * \langle I_2 \rangle + 0,1 * \langle I_3 \rangle + 0,1 * \langle I_4 \rangle + \\ & 0,5 (0,3 \sqrt{\langle I_1 \rangle \langle I_2 \rangle (1 - \langle I_1 \rangle) (1 - \langle I_2 \rangle)} + 0,1 \sqrt{\langle I_1 \rangle \langle I_3 \rangle (1 - \langle I_1 \rangle) (1 - \langle I_3 \rangle)} + \\ & 0,1 \sqrt{\langle I_1 \rangle \langle I_4 \rangle (1 - \langle I_1 \rangle) (1 - \langle I_4 \rangle)}) + 0,3 (0,1 \sqrt{\langle I_2 \rangle \langle I_3 \rangle (1 - \langle I_2 \rangle) (1 - \langle I_3 \rangle)} + \\ & 0,1 \sqrt{\langle I_2 \rangle \langle I_4 \rangle (1 - \langle I_2 \rangle) (1 - \langle I_4 \rangle)}) + 0,1 * 0,1 \sqrt{\langle I_3 \rangle \langle I_4 \rangle (1 - \langle I_3 \rangle) (1 - \langle I_4 \rangle)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Так, если $\langle I_1 \rangle = \langle I_2 \rangle = \langle I_3 \rangle = \langle I_4 \rangle = \langle I \rangle$, то:

$$\begin{aligned} \langle I_{НА} \rangle_{\Sigma} = & \langle I \rangle + 0,5 \langle I \rangle (1 - \langle I \rangle) (0,3 + 0,1 + 0,1) + 0,3 \langle I \rangle (1 - \langle I \rangle) (0,1 + 0,1) + \\ & 0,01 \langle I \rangle (1 - \langle I \rangle) = \langle I \rangle + (0,5 * 0,5 + 0,3 + 0,01) \langle I \rangle (1 - \langle I \rangle) = \\ & \langle I \rangle (1 + 0,56(1 - \langle I \rangle)). \end{aligned} \quad (8)$$

Таким образом, за счет парциальной корреляции значений показателей потенциал НА увеличивается на величину:

$$0,56 \langle I \rangle (1 - \langle I \rangle), \quad (9)$$

которая примет максимальное значение $0,56 * 0,5 * 0,5 = 0,14$ для $\langle I \rangle = 0,5$.

Заметим, что в соответствии с (23) $\langle I \rangle = 0,5$ для $x = 1$.

Тем самым, потенциал НА увеличится на 28% и примет значение $\langle I_{НА} \rangle_{\Sigma} = 0,64$ вместо $\langle I_{НА} \rangle_{\Sigma} = 0,5$.

5. Иерархия метаданных научно-инновационной деятельности цифрового факультета и их 3D визуализация

Иерархия метаданных научно-инновационной деятельности. Предлагаемая иерархия метаданных научно-инновационной деятельности цифрового факультета представлена на рис. 8.

В соответствии с данной иерархией каждая деятельность описывается метаданными, формируемыми как по ее активности, так и результатам.

Научная активность формируется такими показателями, определенными за 3 года, как:

- число публикаций с российским индексом научного цитирования (РИНЦ);
- число публикаций на конференциях;
- число отчетов по внутренним НИР, включая инициативные;
- число заявок на гранты (РФФИ, РНФ, Минобрнауки России и т.п.).

Научный результат формируется такими показателями, определенными за 3 года, как:

- числом публикаций в изданиях Web of Sciences и Scopus;
- числом монографий;
- числом защищенных диссертаций.



Рис. 8. Иерархия метаданных научно-инновационной деятельности цифрового факультета

При этом отдельным показателем является размер финансирования по выигранным грантам.

Инновационная активность формируется такими показателями, определенными за 3 года, как:

- количество поданных заявок на РИД (патенты, лицензии), связанных с проводимыми научными исследованиями;
- количество новых технологий в виде образовательных методик, мультимедийных образовательных глоссариев по дисциплинам, программ и т.п.;
- количество проведенных выставок с представленными экспонатами;
- количество проектных решений, основанных на результатах научных исследований.

Инновационный результат формируется такими показателями, определенными за 3 года, как:

- количество полученных патентов и лицензий, связанных с результатами проводимых научных исследований и образовательной деятельности;
- количество учебных пособий, созданных по результатам научной деятельности (статей, монографий);
- количество инновационных центров и технопарков.

При этом отдельным показателем является размер финансирования по заключенным хоздоговорам.

3D визуализация метаданных цифрового факультета. Пример 3D визуализации метаданных НИИД ЦФ приведен на рис. 9.

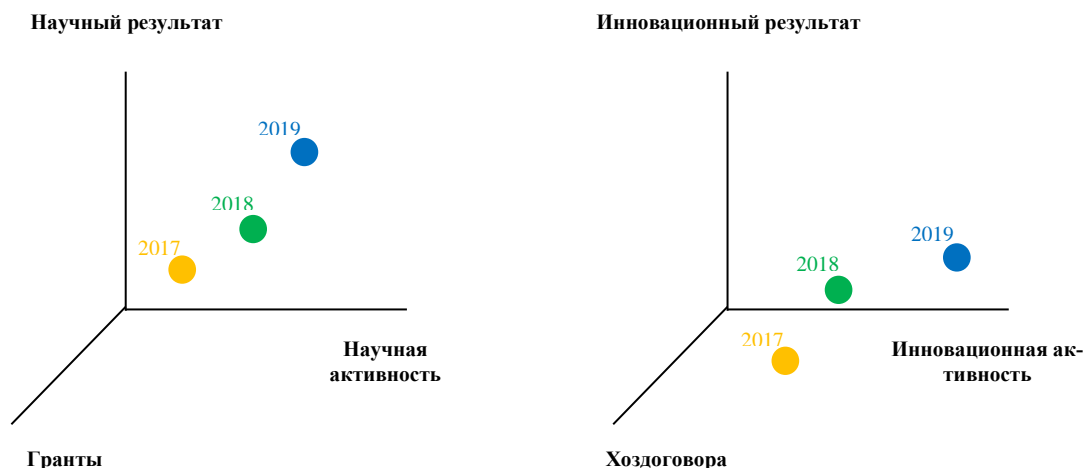


Рис. 9. 3D визуализация метаданных НИИД ЦФ

Как видно из рисунка, 3D визуализация не смешивает семантически разные направления НИИД (научное, инновационное и финансовое направления), а гармонично показывает их взаимосвязь и динамику развития.

6. Основные подходы к реализации прототипа системы

В методологическую основу реализации АИИСУ ЦФ авторы заложили отдельные элементы системного подхода, способствующие выработке эффективной стратегии исследования информационной системы в их взаимосвязи и взаимообусловленности.

Для реализации поставленных задач предполагается использовать комплекс методов исследования:

- по степени автоматизации проектирования – метод компьютерного проектирования, который производит генерацию или конфигурацию (настройку) проектных решений на основе использования специальных инструментальных программных средств;

- по степени использования типовых проектных решений – метод оригинального (индивидуального) проектирования, когда проектные решения разрабатываются «с нуля» в соответствии с требованиями к информационной системе;

- по степени адаптивности проектных решений – метод параметризации, когда проектные решения настраиваются в соответствии с изменяемыми параметрами.

Анализ информационных систем, используемых для решения подобных задач и представленных в сети Интернет, позволил выявить несколько групп систем, большинство из которых являются библиографическими и реферативными базами данных, в частности, Web of Science, Scopus, GoogleScholar, российский портал eLibrary.ru. Они в той или иной степени совмещают в себе такие функции как индексация и поиск научных работ. Часть систем, такие как система МГУ имени М.В. Ломоносова «ИСТИНА», система Pure от Elsevier, выполняют обширный мониторинг научной деятельности организации и оценку эффективности вклада сотрудников [18-20].

Однако, имея несомненные преимущества в большинстве случаев, эти системы невозможны для применения в данном конкретном случае. Это объясняется, прежде всего, индивидуальными особенностями функционирования научно-исследовательской работы различных научных организаций и сложной длительной адаптацией к конкретной ситуации (сложность ввода данных, сложность поиска информации, исполь-

зование «жестких» схем классификации и схем данных и т.п.), а также высокой стоимостью информационных систем, представленных на рынке.

Наряду с вышеизложенным сделан вывод о необходимости при разработке системы использовать информационные технологии, которые отвечают современным тенденциям применения веб-технологий в приложениях и соответствуют состоянию и перспективам развития научно-технического комплекса страны. Это позволит сделать сервис, предоставляемый разрабатываемым приложением, доступным в любой точке, имеющей подключение к сети Интернет [21].

Среди основных задач, стоящих перед коллективом разработчиков системы, можно выделить следующие: анализ форм и видов отчетности по научной работе, используемых в вузе; разработка и моделирование базы данных и связей между её объектами для информационной системы; разработка экранных форм с учётом эргономических требований к интерфейсу [21-24];

разработка программного кода обработчиков форм; разработка программного кода серверной части информационной системы.

В результате обсуждения поставленных задач было принято решение создать прототип системы с архитектурой клиент-сервер на основе веб-технологий (рис. 10). Разработку приложения предложено проводить с использованием фреймворка Django для языка Python. В качестве веб-сервера – применить сервер Gunicorn. Для работы с базой данных проекта выбрана система управления базами данных MySQL. Веб-приложение развёрнуто на выделенном сервере под управлением операционной системы Linux. Для создания интерфейса пользователя применяется фреймворк Semantic UI. Поведение элементов на стороне клиента задаётся с помощью библиотеки jQuery. Используемое для разработки программное обеспечение распространяется на условиях свободной лицензии и отличается высокой надёжностью.

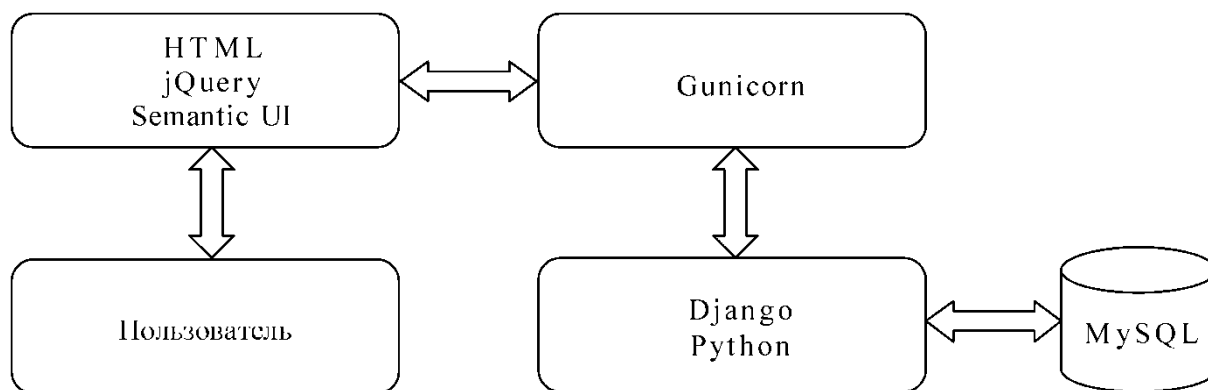


Рис. 10. Архитектура прототипа системы

Веб-фреймворк Django реализует вариант шаблона проектирования «модель-представление-поведение» (Model-View-Controller, MVC). Шаблон проектирования MVC позволяет разделить на отдельные компоненты модель данных приложения, пользовательский интерфейс (представление) и связь между пользователем и приложением (поведение/контроллер). Такое разделение поз-

воляет повысить возможность повторного использования кода и облегчить его модификацию. Привязка проекта к языку Python дает возможность использовать богатый набор других библиотек языка, которые реализуют различные функции (кодирование и декодирование данных, работа с датой и временем, обработка ошибок и т. п.). Инструментарий Django включает средства объект-

но-реляционного отображения, позволяющие автоматически генерировать запросы к базе данных на основе Python-кода. Также отметим, что в Django на основе заданных программистом моделей автоматически генерируется полноценный веб-интерфейс администратора. С его помощью он может просматривать, добавлять, изменять и удалять всю необходимую информацию в базе данных.

Заключение

Создание системы мониторинга НИИД преподавателей и сотрудников вуза является актуальной задачей для оперативного сбора и качественного анализа данных с целью получения надежных показателей результативности и направленности их деятельности.

Ожидается, что разрабатываемая система будет являться эффективным средством оценки состояния дел в научной и инновационной работе как на факультете, его структурных подразделениях, в частности, так и в университете в целом. Это является основой для принятия эффективных управленческих решений на всех уровнях.

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы по теме «Автоматизированная интеллектуальная информационная система управления (АИИСУ) цифровым университетом. I. Цифровой факультет», выполненной при финансовой поддержке Российского государственного социального университета.

Литература

1. Prigozhin I., Stengers I. (2008). Poryadok iz haosa / Per. s angl. – М.: LKI, Editorial URSS. – 296 s.
2. Prohorov A., Tumanov V., Psiha B., Polikarpov K. (2011). Informacionno-analiticheskaya sistema ucheta rezul'tatov intellektual'noj deyatel'nosti v nauchnoj organizacii. Informacionnye tekhnologii. № 10. ss. 72-75.
3. Afonin S. i dr. (2014). Intellektual'naya sistema tematicheskogo issledovaniya nauchno-tekhnicheskoy informacii (ISTINA) / Pod red. akademika V.A. Sadovnichego. – М.: Izd-vo Moskovskogo universiteta. – 262 s.
4. About Pure. (2016). / [Elektronnyj resurs] / Elsevier. Rezhim dostupa: <https://www.elsevier.com/solutions/pure>.
5. Dorofeeva V., Nikol'skii D., Fedyaev Y. (2019). The Information System for Monitoring Research Activities in the Innovative Structure of a University. Scientific and Technical Information Processing. Vol. 46. Issue 1. pp. 28-33.
6. Pivneva S., Ivanova T., Akhmetzhanova G., Kurilova A., Anisimova J. (2019). Applying an Algorithm for Vertex Minimization of Non-deterministic Finite Automata (NFA) on the Basis of a Multi-heuristic Approach for Studying Social and Economic Performances of Region. In: Popkova E. (eds) The Future of the Global Financial System: Downfall or Harmony. ISC 2018. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 57. Springer, Cham.
7. Krasnov A., Nadezhdin E., Nikol'skii D., Shmakova E. (2017). Multilayered neural-like network of direct propagation with the adjustment according to similarity measures of vectors of the learning sample. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 2064. pp. 209-218.
8. Пивнева С.В., Купцов Н.А. Математическое моделирование процесса обучения и самообучения на основе мультиэвристического подхода//Современные информационные технологии и ИТ-образование. Изд-во МГУ – 2015. – Т. 2. № 11. – С. 121-126.

9. Pivneva S.V., Melnikov B. Infinitely complex sum of classification of non-commuting matrix S-sets // CEUR Workshop Proceedings. 1. Сер. "Selected Papers of the 1-st International Scientific Conference Convergent Cognitive Information Technologies, Convergent 2016" 2016. С. 56-63.
10. Melnikov B.F., Melnikova E.A., Pivneva S.V., Churikova N.P., Dudnikov V.A., Prus M.Y. Multi-heuristic and game approaches in search problems of the graph theory // В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии. Сборник трудов ИТНТ-2018. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. – 2018. – С. 2884-2882.
11. Краснов А.Е., Надеждин Е.Н., Никольский Д.Н., Репин Д.С., Калачев А.А. Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности // Информатизация образования и науки. – 2017. – № 1 (33). – С. 141-154.
12. Дорофеева В.И., Никольский Д.Н., Федяев Ю.С. Разработка системы электронной отчетности о научно-исследовательской работе сотрудников вуза // Педагогическая информатика. – 2014. – № 3. – С. 50-58.
13. Дорофеева В.И. Информатизация процесса управления научно-исследовательской работой в вузе / В.И. Дорофеева, А.Г. Мотин, Д.Н. Никольский, Ю.С. Федяев // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Информатизация образования – 2015», 15-16 июня 2015 года, г. Казань, РФ. – Казань: АСО. – 2015. – С. 128-131.
14. Dorofeeva V.I., Motin A.G., Nikol'skii, Fedyaev Yu.S. On the development of the scientific work monitoring system at higher educational institutions // Scientific and technical information processing, 2016, Vol. 43, No. 3. – P. 166–173.
15. Dorofeeva V.I., Nikol'skii D.N., Fedyaev Y.S. The Information System for Monitoring Research Activities in the Innovative Structure of a University // Scientific and Technical Information Processing. 2019, Vol.46, No. 1, – P. 28-33.
16. Краснов А.Е., Селина М.В., Сагинов Ю.Л., Феоктистова Н.А. Математические модели оперативно-тактического и стратегического управления научной деятельностью университета. В сборнике трудов международной научно-практической конференции «Евразийское пространство: приоритеты социально-экономического развития» (Институт менеджмента МЭСИ, 12.5.11), М.: МЭСИ, 2011, –14 с.
17. Краснов А.Е., Красников С.А., Селина М.В., Сагинов Ю.Л., Феоктистова Н.А., Лукьянова Н.О., Чернов Е.А. Математические модели оперативно-тактического и стратегического управления научной деятельностью университета // Технологии XXI века в лёгкой промышленности / [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mgutm.ru/jurnal/tehnologii_21veka/eni7_chat1/section7/45.pdf.
18. Korabelshchikova S.Y., Melnikov B.F., Pivneva S.V., Zyablitseva L.V. Linear codes and some their applications // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). 2018. Т. 1096. С. 012174.
19. Краснов А.Е., Сагинов Ю.Л., Феоктистова Н.А. Количественное оценивание качества многопараметрических объектов и процессов на основе нейросетевой технологии // Приложение к журналу «Качество. Инновации. Образование». – 2015. – Т.2, №5. – С. 97-108.
20. Сагинов Ю.Л., Феоктистова Н.А. Использование нейросетевой технологии для количественной оценки многопараметрических объектов и процессов в экономике и бизнесе // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. Вступление. Путь в науку. – 2015. – № 3-4 (12). – С. 42-57.
21. Nadezhdin E.N. Fuzzy cognitive model of the mechanism of support of competitiveness of the software product // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, № 1–2, 2016 (January–February). – P. 13-19.

22. Надеждин Е.Н., Забелин Д.А. Когнитивный анализ проектных рисков при модернизации телекоммуникационных сетей // Евразийский союз учёных. Часть 3. Технические науки. – 2015. – № 11(20). – С. 92-95.
23. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке: монография. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
24. Афонин С.А. и др. Интеллектуальная система тематического исследования научно-технической информации (ИСТИНА) // Под ред. академика В.А. Садовниченко. – М.: Изд-во Московского университета, 2014. – 262 с.

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ**

**TO THE QUESTION OF THE SELECTION AND USE OF THE SOFTWARE FOR
THE LIBRARY OF EDUCATIONAL INSTITUTION**

Витковская Наталья Григорьевна / Natalia G. Vitkovskaya,

*кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of pedagogical sciences, assistant professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University,
natashavit@rambler.ru*

Денисова Диана Аркадьевна / Diana A. Denisova,

*кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский государственный социальный университет (РГСУ) / Ph.D. of engineering sciences, assistant professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Social University,
dina_d_05@mail.ru*

Аннотация

Рассмотрены практические вопросы выбора и использования автоматизированных библиотечных информационных систем в соответствии с современными требованиями. Анализируется опыт внедрения отечественного программного продукта «1С:Библиотека 8», особый упор сделан на особенностях каталогизации ресурсов библиотечного фонда и электронных ресурсов удаленного доступа. Выведены некоторые функциональные параметры программы «1С: Библиотека 8», требующие доработки.

Abstract

Practical issues of the selection and use of automated library information systems in accordance with modern requirements are considered. The experience of implementing the domestic software product "1С: Library 8" is analyzed, special emphasis is placed on the features of cataloging library resources and electronic remote access resources. Some functional parameters of the

"1С: Library 8" program are deduced, requiring additional work.

Ключевые слова: автоматизированные библиотечные информационные системы, электронный каталог, коммуникативный формат, ресурсы удаленного доступа, библиографическое описание.

Keywords: automated library information systems, electronic catalog, communicative format, remote access resources, bibliographic description.

Введение

Информатизация современного общества охватила все сферы деятельности человека. Особенно активно новые информационные технологии внедряются в образовательный процесс. Безусловно, обучающиеся сегодня могут найти практически любую информацию в Интернете, однако актуальность и достоверность этой информации часто вызывает определенные сомнения. Библиотеки в течение многих сто-

летий служили объектом хранения и распространения учебной, научной, культурной информации, и сейчас их просветительская роль остается важной. Именно в библиотеке школьник или студент может получить консультацию по навигации в огромном мире информационных источников, приобрести опыт качественного анализа подобранной литературы, получить новые знания наконец. Поэтому все лучшие идеи информатизации библиотек необходимо перенести на библиотеки образовательных учреждений.

Основной тенденцией внедрения информационно-коммуникационных технологий в библиотечную отрасль является использование автоматизированных библиотечных информационных систем (АБИС), без которых невозможна работа с электронными документами, коллекциями электронных библиотек. А это, в конечном итоге, направлено на улучшение качества обслуживания читателей и дает возможность библиотеке оставаться центром интеллектуального и творческого развития подрастающего поколения.

1. Обзор рынка АБИС

Здесь мы подходим к вопросу выбора программного обеспечения, способного наряду с выполнением задачи формирования и ведения электронного каталога также отслеживать движение книжных изданий, производить учет их выдачи читателям.

Ф.С. Воройский в своей работе «Основы проектирования автоматизированных библиотечно-информационных систем» [7] определил, в том числе, и такие требования к автоматизированным библиотечно-информационным системам, как:

- библиографическая и аналитическая обработка литературы, ведение электронного каталога;
- справочно-библиографическое обслуживание читателей на основе собственного электронного каталога;

- библиографическое и информационное обслуживание на основе использования баз данных и электронных каталогов в теледоступе или на магнитных и оптических дисках;

- автоматизированная подготовка библиографических изданий.

В настоящее время к автоматизированным библиотечным информационным системам предъявляется следующий состав функциональных требований:

- комплектование своих фондов;
- предметизация и систематизация фондов;
- каталогизация фондов и обмен библиографическими записями с другими библиотеками;
- организация хранения фондов;
- обслуживание читателей;
- межбиблиотечный абонемент.

При этом детализация требований каталогизации фондов будет выглядеть так:

- описание любых видов изданий, включая документы в электронном формате, аудио, видео, нотные, картографические, изоиздания и пр.;
- полная поддержка национального коммуникативного формата RUSMARC;
- обеспечение контроля вводимых данных на их соответствие требованиям стандартов;
- автоматическая индексация, на основе которой реализуется быстрый поиск по любым элементам библиографического описания и их сочетаниям;
- возможность использования любых графических материалов (изображения титульных листов, артефактов, страниц текста);
- возможность экспорта/импорта данных в MARC-форматах;
- возможность хранения неограниченного количества библиографических записей.

Дополнительные требования при формировании библиографического описания:

- прикрепление к библиографическим записям электронного каталога произвольного количества электронных материалов (изданий в электронном формате);
- поиск по содержанию электронных изданий;
- возможность прикрепления обложек.

Интересное исследование на данную тему представлено в работе «О выборе автоматизированной информационной библиотечной системы для библиотеки ИПМ» авторским коллективом сотрудников Института прикладной математики имени М.В. Келдыша [8]. Авторами проанализированы функциональные возможности ряда АБИС, как достаточно известных (Ирбис, OPAC-Global, MAPK-SQL), так и менее известных решений. По результатам проведенного исследования авторы отдали победу АБИС «Абсотек Юникод».

Широкое распространение в стране получила такая известная система как OPAC-Global, используемая многими областными библиотеками. OPAC-Global использует мощную, хоть и достаточно устаревшую СУБД ADABAS, поддерживает протокол Z39.50 и большинство российских Z39.50-серверов. Однако за прошедшее со времен исследования сотрудниками ИПМ им. М.В. Келдыша рынка АБИС в стране и в мире произошел ряд серьезных изменений.

Одним из главных требований к современной российской АБИС являются требования импортозамещения, обусловленные как требованиями законодательства, так и требованиями стоимости системного программного обеспечения (операционных систем и систем управления базами данных).

Исходя из указанных требований, АБИС должна наряду с функционированием в среде операционных систем семейства Windows с использованием таких известных промышленных

систем управления базами данных, как MS SQL Server, IBM DB2 и Oracle Database, в обязательном порядке функционировать в среде операционных систем семейства Linux и в качестве системы управления базами данных использовать свободную СУБД PostgreSQL. Наличие веб-интерфейса желательно.

Следует учитывать и тот факт, что наряду с публичными библиотеками существуют весьма закрытые библиотеки ряда учреждений науки и предприятий промышленности, содержащие большой объем конфиденциальной информации, машинная обработка которой разрешена только с использованием программного обеспечения, прошедшего процедуру сертификации по требованиям безопасности информации. Последние изменения в законодательстве о защите информации фактически закрывают дорогу иностранному программному обеспечению на рынок информационных систем обработки информации ограниченного доступа [6].

Ни одна из упомянутых в исследовании АБИС требованиям импортозамещения и требованиям обеспечения безопасности информации не удовлетворяет, в первую очередь по причине использования иностранных систем управления базами данных.

Частично таким требованиям могли бы удовлетворять «Академия +» (использует СУБД PostgreSQL) и АБИС «Нева» (собственная СУБД), но сведений о данных АБИС ни в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных [5], ни в Государственном реестре сертифицированных средств защиты информации данных [6] по ним нет.

В настоящее время всем вышеперечисленным требованиям соответствует только один из отечественных программных продуктов – «1С:Библиотека 8» в вариантах исполнения «1С:Библиотека. Редакция 2.0» и «1С:Библиотека ПРОФ», функциони-

рующие под управлением технологической платформы «1С:Предприятие 8». «1С:Библиотека» зарегистрирована в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных под номером 79 (<https://reestr.minsvyaz.ru/reestr>). Поскольку прикладные решения (конфигурации) системы программ «1С:Предприятие 8» представляют собой совокупность настроек и скриптов, исполняемых средствами технологиче-

ской платформы «1С:Предприятие 8», следует вывод, что АБИС «1С:Библиотека 8» может функционировать в среде сертифицированных по требованиям безопасности информации версий технологической платформы «1С:Предприятие 8», таких как Защищенный программный комплекс «1С:Предприятие 8.3z» и Защищенный программный комплекс «1С:Предприятие 8s» (рис. 1).

Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации				
Текст для поиска		1С:		
№ сертификата	Дата внесения в реестр	Срок действия сертификата	Наименование средства (шифр)	Наименования документов, требованиям которых соответствует средство
3442	02.09.2015	02.09.2023	Защищенный программный комплекс «1С:Предприятие, версия 8.3z»	Соответствует требованиям документов: РД НДВ(4), РД СВТ(5)
4183	04.12.2019	04.12.2024	защищенный программный комплекс «1С:Предприятие 8s»	Соответствует требованиям документов: РД НДВ(2), ТУ

Рис. 1. Фрагмент реестра средств защиты информации

Эксплуатация «1С:Библиотека 8» в среде Защищенного программного комплекса «1С:Предприятие 8.3z» позволяет использовать данную АБИС в информационных системах персональных данных до первого уровня защищенности и в государственных информационных системах до первого класса защищенности включительно, что весьма немаловажно при эксплуатации в органах государственной власти и ряде предприятий и учреждений, обрабатывающих конфиденциальную информацию.

А эксплуатация «1С:Библиотека 8» в среде Защищенного программного комплекса «1С:Предприятие 8s» позволяет обрабатывать информацию, содержащую сведения, составляющие государственную тайну и имеющие степень секретности до «совершенно секретно» включительно, что весьма актуально для ряда научно-исследовательских учреждений и многих предприятий промышленности.

2. Характеристика и опыт использования программы «1С:Библиотека 8»

Как уже было отмечено, современные отечественные АБИС должны соответствовать требованиям импортозамещения, в первую очередь требованиям постановления Правительства РФ от 16 ноября 2015 г. № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [1] и руководствоваться требованиями приказов Минкомсвязи России, регламентирующих вопросы использования офисного программного обеспечения [2].

Одним из следствий требований импортозамещения является необходимость эксплуатации офисного программного обеспечения в среде операционных систем семейства Linux с ис-

пользованием СУБД PostgreSQL, поскольку использование ОС Windows и таких СУБД как MS SQL, IBM DB2, Oracle Database, ADABAS фактически запрещено как собственно требованиями законодательства, так и тем фактом, что указанные программные средства производятся в США и ФРГ, правительствами которых введены санкции на поставку программного обеспечения в от-

ношении ряда российских научных центров, оборонных предприятий и силовых структур.

Рассмотрим пример функционирования АБИС «1С:Библиотека 8» в среде ОС Linux и СУБД PostgreSQL (рис. 2). Как видно из рисунка, используется свободно распространяемые ОС Ubuntu версии 16.04 и СУБД PostgreSQL версии 9.6.6.

```
adminus@adminus-VirtualBox:~$cat /proc/version
Linux version 4.4.0-141-generic (build@lcy01-amd64-027)
(gcc version 5.4.0 20160609 (Ubuntu 5.4.0-6ubuntu1~16.0
4.10) ) #167-Ubuntu SMP Wed Dec 5 10:38:08 UTC 2018
adminus@adminus-VirtualBox:~$cat /etc/os-release
NAME="Ubuntu"
VERSION="16.04.5 LTS (Xenial Xerus)"
ID=ubuntu
ID_LIKE=debian
PRETTY_NAME="Ubuntu 16.04.5 LTS"
VERSION_ID="16.04"
HOME_URL="http://www.ubuntu.com/"
SUPPORT_URL="http://help.ubuntu.com/"
BUG_REPORT_URL="http://bugs.launchpad.net/ubuntu/"
VERSION_CODENAME=xenial
UBUNTU_CODENAME=xenial
adminus@adminus-VirtualBox:~$psql -v
psql (PostgreSQL) 9.6.6
```

Рис. 2. Среда функционирования «1С:Библиотека 8»

Система программ «1С:Предприятие 8» в клиент-серверном варианте функционирования запускает процессы агента кластера серверов (ragent), менеджера кластера

серверов (rmngr) и менеджера диапазона портов динамического выбора (rphost). Пример запуска процессов 1С:Предприятие показано на рис. 3.

```
root@adminus-VirtualBox:/home/adminus# service --status-all |grep srv
[ + ] srvcv83
root@adminus-VirtualBox:/home/adminus# netstat -talnp |grep ragent
tcp        0      0 0.0.0.0:1540          0.0.0.0:*           LISTEN     2130/ragent
root@adminus-VirtualBox:/home/adminus# netstat -talnp |grep rmngr
tcp        0      0 0.0.0.0:1541          0.0.0.0:*           LISTEN     2214/rmngr
root@adminus-VirtualBox:/home/adminus# netstat -talnp |grep rphost
tcp        0      0 0.0.0.0:1560          0.0.0.0:*           LISTEN     2731/rphost
```

Рис. 3. Процессы 1С:Предприятия в среде ОС Linux

Системные процессы были запущены и мы смогли убедиться, что «1С:Библиотека 8» успешно функционирует в среде ОС Linux, причем, используется сертифицированная по требованиям безопасности информации версия технологической платформы «1С:Предприятие 8» – Защищенный

программный комплекс «1С:Предприятие 8.3z», о чем свидетельствует номер версии 8.3.14.1857(z).

2.1. Функциональность АБИС «1С:Библиотека 8»
 Функционально АБИС «1С:Библиотека 8» состоит из подсистем:

- Рабочий стол.
- Комплектование.
- Каталогизация и сводный электронный каталог.
- Электронная библиотека.
- Учет фонда.
- Обслуживание читателей.
- Статистика и отчеты.
- Читатель.
- Библиотека 24.
- Администрирование.

По умолчанию рабочий стол программы настроен таким образом, что пользователю сразу же после запуска конфигурации в зависимости от установленной роли предоставляется возможность работы либо с электронным каталогом, либо со списком читателей, либо в кабинете читателя.

Сотруднику библиотеки, с установленной ролью «Каталогизация» (рис. 4), будет доступна основная форма для работы с электронным каталогом – справочник «Издавания (библиографические записи)».

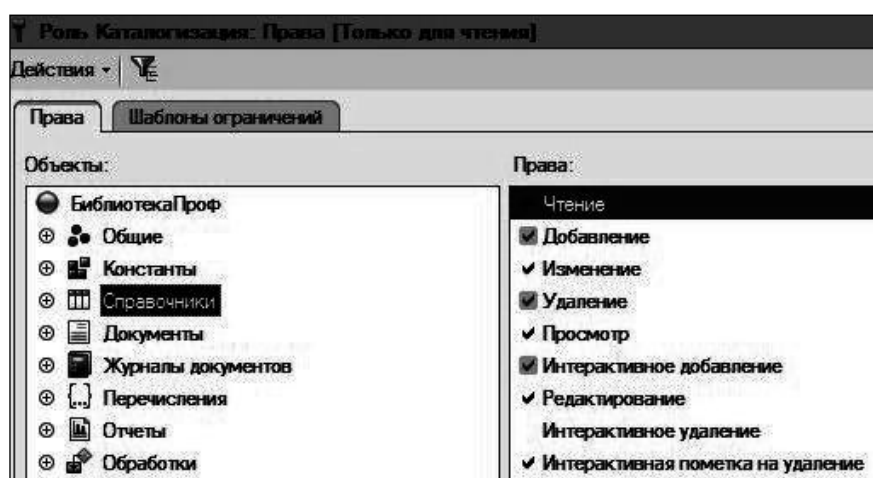


Рис. 4. Роль «Каталогизация»

Реквизиты справочника «Издавания (библиографические записи)» заполняются из редактора библиографической записи. В справочник вынесена только часть реквизитов библиографической записи, которые используются для формирования представления и быстрого поиска. Остальные реквизиты хранятся в регистрах сведений.

Библиографические данные (описания) на уровне электронных каталогов представляются в виде библиографических записей определенного

формата. В Российской Федерации в качестве формата представления библиографических записей принят коммуникативный формат RUSMARC.

Каталогизация библиотечного фонда, формирование электронного каталога и тиражирование каталожных карточек по правилам RUSMARC производятся в подсистеме «Каталогизация и электронный каталог».

Назначение ссылок навигационной панели подсистемы «Каталогизация» приведено в таблице 1.

Таблица 1. Навигационные ссылки подсистемы «Каталогизация»

Ссылка	Назначение
Работа со сводным электронным каталогом	Формирование сводного электронного каталога всех библиотек, каталоги которых ведутся в данной базе.
Список полей RUSMARC	Настройка на RUSMARC производится в контексте справочников «Список полей RUSMARC», «Список подполей RUSMARC», «Области подполя» и «Значения справочников библиографических записей».
Список справочников	Справочники, используемые для классификации изданий в предметной области.
Шаблоны библиографических записей	Справочник шаблонов библиографических записей, применяемых в технологии создания новых библиографических записей.
Элементы библиографических записей	Настройка свойств редактора кратких библиографических записей.
Импорт файла в формате ISO 2709	Импорт библиографических записей в формате RUSMARC из файлов стандарта ISO 2709.
Импорт из текстового представления формата RUSMARC	Импорт библиографической записи в формате RUSMARC из текстового поля.
Вызов клиента z39.50	Импорт библиографических записей через клиент z39.50.
Каталоги	Формирование списка каталогов для разделения библиографических записей.
Авторы	Формирование списка авторов.
ББК	Хранение значений рубрикатора, определенных библиотечно-библиографической классификацией.
УДК	Хранение значений рубрикатора, определенных универсальной десятичной классификацией.
Издательства	Формирование списка издательств и хранения информации о них.
Места изданий	Формирование списка мест выпуска изданий, используется при создании библиографических записей.

Навигационная ссылка «Работа с сводным электронным каталогом» переводит пользователя-каталогизатора к справочнику «Издания (библиографические записи)».

Функциональность данного справочника весьма обширна и позволяет:

- производить библиографическую обработку как новых, так и уже существующих в электронном каталоге объектов каталогизации любого типа и

сложности с полноценной поддержкой российского коммуникативного формата RUSMARC;

- формировать электронный каталог информационной базы;

- производить дополнительную классификацию объектов каталогизации, существенную с точки зрения учета фонда, обслуживания читателей и библиотечной статистики;

- производить в электронном каталоге поиск любых объектов катало-

гизации (а также экземпляров изданий) по любым поисковым атрибутам с использованием гибкого и настраиваемого механизма отбора;

- тиражировать каталожные карточки в соответствии с принятым стандартом, предоставляя пользователю гибкий механизм настроек, позволяющий адаптировать информационное содержание и форму отображения библиографических данных на каталожной карточке под конкретные условия эксплуатации конфигурации;

- производить экспорт библиографических записей из электронного каталога для использования в других библиотечных системах.

В первую очередь необходимо рассмотреть функциональность создания новой библиографической записи (доступно по кнопке «Создать библиографическую запись»), включающей возможность выбора шаблонов библиографической записи.

При выборе какого-либо шаблона, программа производит запуск упрощенного интерфейса редактора RUSMARC, предоставляющего для заполнения именно те поля, которые необходимы для создания библиографической записи данного вида докумен-

та. Например, можно использовать шаблон библиографической записи нормативно-технического документа. Но что делать, если требуется описать некие весьма специфические документы, для которых нет готового шаблона? Для этих целей в программе предусмотрен справочник «Шаблон библиографической записи», позволяющий самостоятельно создавать шаблоны из предустановленных параметров.

Однако может возникнуть и иная задача – что делать, если требуется дополнить уже созданное библиографическое описание неким новым полем? Для этих целей предназначен полный редактор библиографических записей, позволяющий создавать и редактировать библиографические записи в процессе создания и актуализации электронного каталога конфигурации, запуск которого производится по кнопке «RUSmarc».

Пример полного редактора RUSMARC приводится на рис. 5. Следует отметить, что полный редактор обрабатывает библиографические записи из электронного каталога с соблюдением всех правил и требований формата RUSMARC.

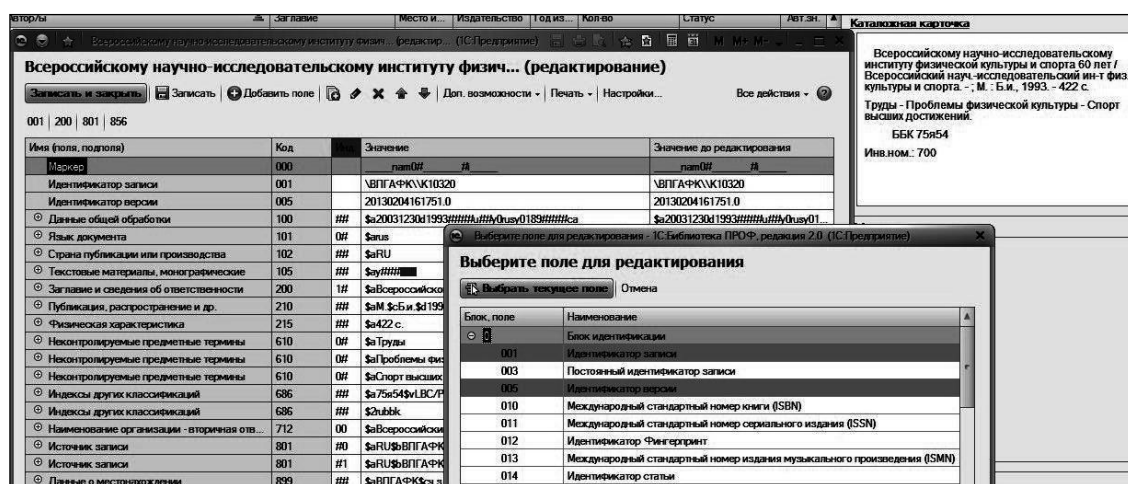


Рис. 5. Полный редактор RUSMARC

Как видно из представленного примера, каталогизатор планирует добавить в библиографическое описание

дополнительные поля блока идентификации в дополнение к шаблонным полям 001 и 005.

2.2. Практические примеры использования «1С:Библиотека 8»

Теперь, когда мы рассмотрели основные инструменты каталогизатора, следует перейти к рассмотрению наиболее часто встречающихся ситуаций, возникающих в процессе создания библиографических описаний. В обязательном порядке следует рассмотреть вопросы создания библиографических описаний учебной и художественной литературы, библиографического описания энциклопедий. Кроме того, также будет необходимым рассмотреть некоторые сложные случаи и сформировать рекомендации по ним (в частности, возможности описания электронных ресурсов, в том числе и Интернет-ресурсов), рассмотреть особенности формирования библиографи-

ческого описания нормативно-технических документов и аналитических статей, что весьма актуально для образовательных организаций, учреждений науки и ряда производственных предприятий.

Прежде чем приступить к процессу формирования библиографических описаний, следует выполнить несколько дополнительных настроек, реализующих требования ГОСТ Р 7.0.100-2018 [3]. Необходимо добавить Область вида содержания в справочник «Издания (библиографические записи)», дописав в неё поля: 203 «Вид содержания и тип средства»; 181 «Вид содержания» и 182 «Тип средства». Последние два поля факультативные и мы их не добавляли. Примеры на рис. 6–10.

⊖ Область вида содержания и средств доступа	203	##	\$aТекст\$ннепосредственный
	11		#
	12		#
Вид содержания	a		Текст
Характеристика содержания	b		непосредственный

Рис. 6. Область вида содержания

В редакторе 203 поля (рис. 7) настроить значения подполей.

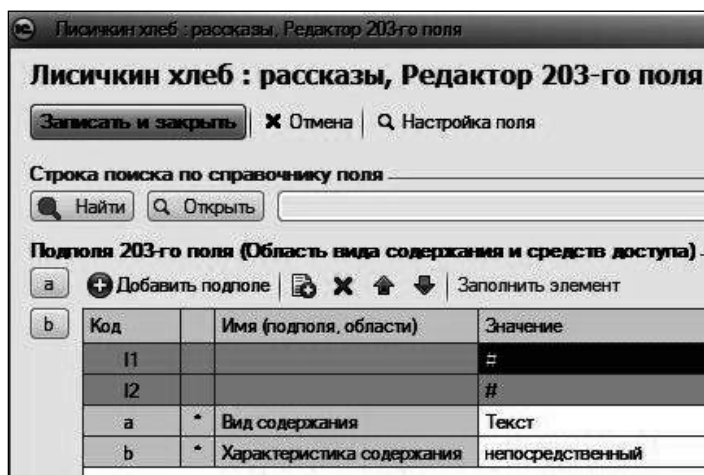


Рис. 7. Редактор 203 поля

Настроить область каталожной карточки (рис. 8) и значений полей каталожной карточки (рис. 9).

Настроить варианты каталожной карточки. Пример настройки аналитического варианта каталожной карточки на рис. 10.

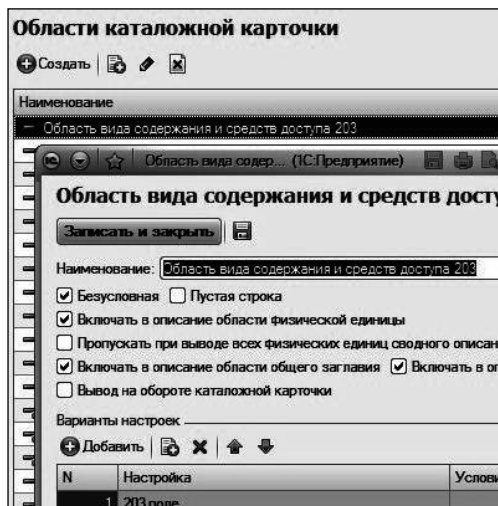


Рис. 8. Настройка полей каталожной карточки

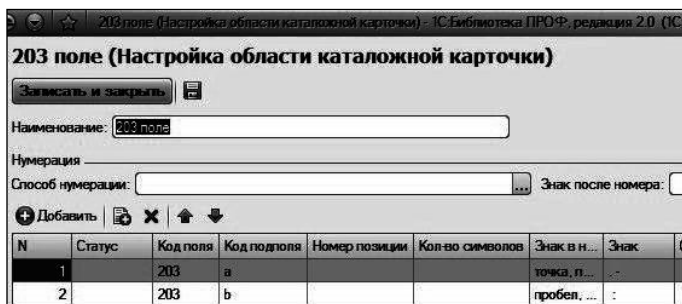


Рис. 9. Настройка полей области каталожной карточки

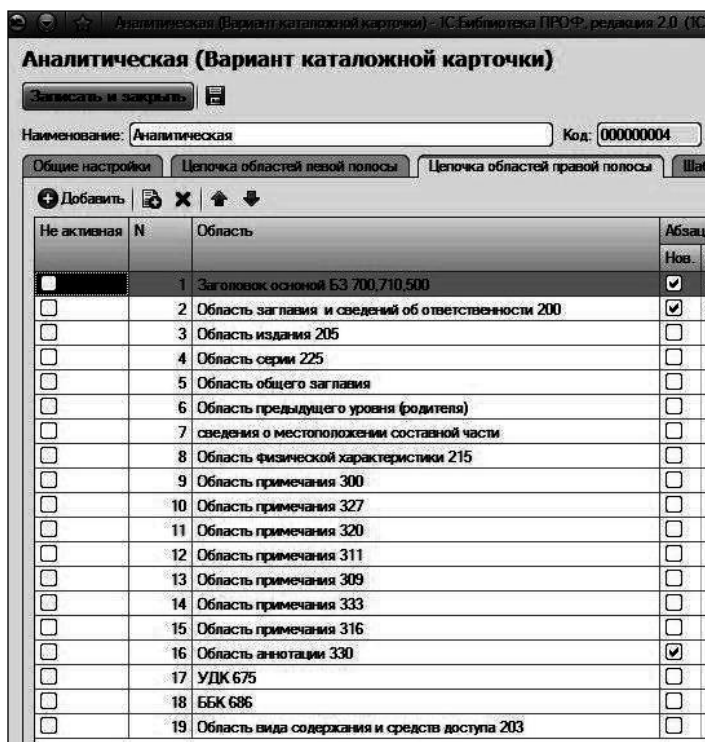


Рис. 10. Настройка варианта каталожной карточки

После выполненных настроек можем приступить к работе.

Рассмотрим пример формирования библиографического описания некой стандартной книги, которая имеется в школьной библиотеке. Возьмем книгу Михаила Михайловича Пришвина «Лисичкин хлеб».

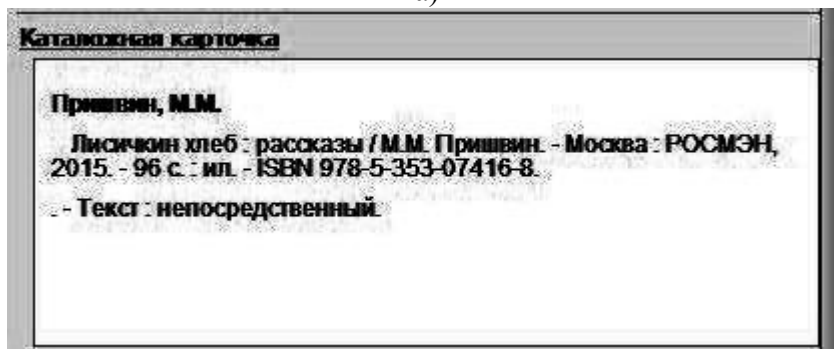
Описание будем делать в формате упрощенного редактора RUSMARC из меню «Создать библиографическую

запись» – «Книга» или командой Alt + В.

Откроется окно редактора, которое надо заполнить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 [3]. В результате, после заполнения требуемых полей будет создана запись в каталоге АБИС «1С:Библиотека 8» и сформировано библиографическое описание в текстовом виде (рис. 11 а, б).

Автор/ы	Заглавие	Место и...	Издательство	Год из...
Пришвин М.М.	Лисичкин хлеб : рассказы	Москва	РОСМЭН	2015

а)



б)

Рис. 11. Библиографическая запись (а) и описание (б) в каталоге АБИС

Перейдём к более сложному описанию. Возьмём многочастный ресурс: книгу «История Югославии», которая имеет нескольких редакторов и состоит из двух томов. Открываем окно редактора и из меню «Создать библиографи-

ческую запись» – «Книга» заполняем поля элементами библиографического описания. Как видим, программа позволяет создать и данный вид библиографического описания (рис. 12).


Элементы библиографической записи:				
<input type="checkbox"/> Добавить такой же элемент <input type="checkbox"/> Заполнить элемент <input type="checkbox"/> Развернуть				
Поле	Подполе	Элемент	Номер элемента	Значение
700	a	Автор	1	Институт славяноведения АН СССР
702	a	Редактор	1	Бромлей Ю. В.
702	a	Редактор	2	Достин И. С.
702	a	Редактор	3	Карасёв В. Г.
702	a	Редактор	4	Никитин С. А.
702	a	Художник	5	
702	a	Составитель	6	
⊙ 200	a,b...	Заглавие и сведения об ответственности		\$aИстория Югославии \$ev двух томах \$fАкадемия наук С
2..	a	Основное заглавие	1	История Югославии
200	b	Общее обозначение материала	1	
200	e	Сведения, относящиеся к заглавию	1	в двух томах
200	f	Сведения об ответственности	1	Академия наук СССР, Институт славяноведения
200	g	Последующие сведения об ответственности	1	
200	h	Обозначение и номер части	1	
200	i	Наименование части	1	
225	a	Серия		
⊙ 210	a,c,d	Публикация, распространение и др.	1	\$aМосква \$cАН СССР \$d1963
2..	a	Место издания	1	Москва
210	c	Издательство	1	АН СССР
2	d	Год издания	1	1963
Институт славяноведения АН СССР				
И71		Институт славяноведения АН СССР. История Югославии : в двух томах / Академия наук СССР, Институт славяноведения. - : Москва : АН СССР, 1963. . - Текст : непосредственный Т. 1: История Югославии [Текст] .- : Москва : АН СССР, 1963. - 736 : ил., портр. ; 42 см. - 7000. история - история Югославии - южные славяне - исторический обзор. Т. 2: История Югославии [Текст] .- : Москва : АН СССР, 1963. - 431 : ил., портр. ; 48 см. - 7000. история - история Югославии - история XX века - исторический обзор - южные славяне.		

Рис. 12. Библиографическое описание многочастного ресурса

2.3. Особенности библиографических описаний электронных ресурсов в программе «1С:Библиотека 8»

Автоматизированные информационно-библиотечные системы должны обладать функциональностью каталогизации электронных ресурсов как локальных, так и удаленных. Общие рекомендации по описанию электронных ресурсов сформированы достаточно давно, но на практике возникает достаточно много вопросов.

Первый вопрос, который возникает у многих каталогизаторов, это во-

прос, как правильно отразить местонахождение ресурса и как правильно указать его адрес удаленного доступа. АБИС «1С:Библиотека 8» учитывает требования стандарта RUSMARC и в соответствии с требованиями стандарта адрес местонахождения ресурса размещает в поле 856, которое при просмотре каталога обозначено пиктограммой . Все каталожные записи, имеющие ссылки на электронные ресурсы обозначаются указанной выше пиктограммой (рис. 13).

	Автор/ы		Заглавие
	= Дарков А. В., Шапошников В. А.		Строительная механика
	= Должиков В. П.		Технологии наукоемких машиностроительных производств
	= Карлов К. А.		Строительство нефтяных и газовых скважин : учебное ...
	= Кристалинский Р. Е., Шапошников Н. Н.		Решение вариационных задач строительной механики в системе ...
	= Кузьмин П. Ю., Сергиенко В. Н.		Строительная механика

Рис. 13. Ресурсы с ссылками

Сама ссылка на место размещения задается в редакторе RUSMARC (рис. 14) и

в конечном итоге выглядит так, как это указано на рис. 15.

Строительная механика (редактирование)

Записать и закрыть | Записать | Добавить поле | Доп. возможности | Печать | Настройки

001 | 200 | 801 | 856

Имя (поля, подполя)	Код	Значение
Маркер	000	__nam0#__#__
Идентификатор записи	001	76273
Идентификатор версии	005	20191212200908.6
Международный стандартный номер книги (ISBN)	010	## \$a978-5-8114-2117-6
Данные общей обработки	100	## \$a20190226d2016#####k###y0rusy01020304ca
Язык документа	101	0# \$arus
Страна публикации или производства	102	## \$aRU
Текстовые материалы, монографические	105	## \$ay####000zy
Форма документа	106	## \$az
Заглавие и сведения об ответственности	200	1# \$aСтроительная механика\$fКузьмин П. Ю., Сергиенко В. Н.
Вид содержания и тип средства	203	## \$aТекст\$bнепосредственный
Сведения об издании	205	## \$a2-е изд., испр. и доп.
Публикация, распространение и др.	210	## \$aСанкт-Петербург\$bСанкт-Петербург\$cЛань\$d2016
Физическая характеристика	215	## \$a296 с.
Резюме или реферат	330	## \$aТекст EXCEL-программ находится по адресу: www.mep...
Примечания об особенностях распространения	333	## \$aКнига из коллекции Лань - Инженерно-технические нау...
Индексы других классификаций	686	## \$a38.112я73\$2rubbk
Имя лица - первичная ответственность	700	#1 \$aКузьмин\$bП. Ю.
Имя лица - альтернативная ответственность	701	#1 \$aСергиенко\$bВ. Н.
Источник записи	801	#1 \$aRU\$bИздательство Лань\$c20190226\$gRCR
Источник записи	801	#0 \$aRU\$bВЛГАФК\$c20191212
Местонахождение электронных ресурсов и др.	856	4# \$uhttp://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=76273

Рис. 14. Поле 856 редактора RUSMARC

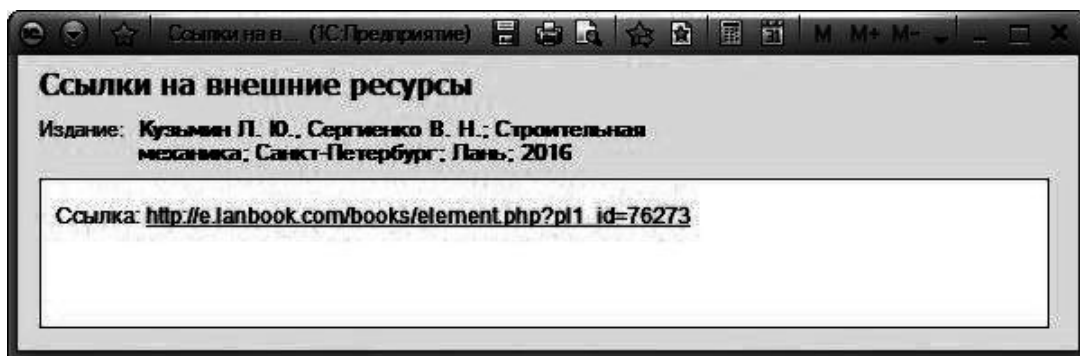


Рис. 15. Ссылка на электронный ресурс

Однако если мы перейдем по указанной ссылке, то попадем на страницу сайта издательства «Лань», которое издало данный учебник. И хотя на самом сайте издательства книга доступна для чтения авторизованным пользователям, но данный пример не в полной мере от-

ражает проблематику каталогизации электронных ресурсов.

Следует рассмотреть пример каталогизации ресурса удаленного доступа. Возьмем в качестве примера сайт разработчика «IC:Библиотека 8» – сайт фирмы «IC». И поскольку речь идет о

сайте, то сайт фирмы должен быть явно указан в виде:

- Наименование.
- URL – адреса в сети Интернет.
- Режим доступа.
- Вид ресурса.

Выберем в меню «Создать библиографическую запись» – «Электронный ресурс» или командой Alt+E откроем редактор RUSMARC в режиме формирования библиографической записи электронного ресурса и заполним необходимые поля. В данном примере их будет совсем немного (рис. 16).

Фирма "1С" (редактирование)		
Имя (поля, подполя)	Код	Значение
Маркер	000	gfm0# #
Идентификатор записи	001	RU\VLGAFK\1338
Идентификатор версии	005	20191212210749.1
⊙ Данные общей обработки	100	### \$a20191127d1992####y0usy0150####ca
⊙ Язык документа	101	0# \$anus
⊙ Страна публикации или производства	102	### \$aRU
⊙ Электронные ресурсы	135	### \$a1u1uuuuuuuuu
⊙ Электронные ресурсы	139	### \$aucb
⊙ Заглавие и сведения об ответственности	200	1# \$a"Фирма "1С"
⊙ Вид содержания и тип средства	203	### \$aТекст : электронный
⊙ Публикация, распространение и др.	210	### \$a1С\$d1992
⊙ Общие примечания	300	### \$a[сайт]
⊙ Примечание о виде электронного ресурса	336	### \$асайт
⊙ Примечание о системных требованиях (элек...	337	### \$aРежим доступа: свободный доступuURL: http://www.1...
⊙ Наименование организации - первичная отв...	710	02 \$a1С\$4070
⊙ Источник записи	801	#0 \$aRU\$bВПГАФК\$c20191127
⊙ Источник записи	801	#1 \$aRU\$bВПГАФК\$c20191127
⊙ Местонахождение электронных ресурсов и д...	856	### \$uwww.1с.лu

Рис. 16. Каталогизация сайта

Полученное библиографическое описание будет выглядеть так, как ука-

зано на рис. 17, для удобства восприятия все строки указаны по отдельности.

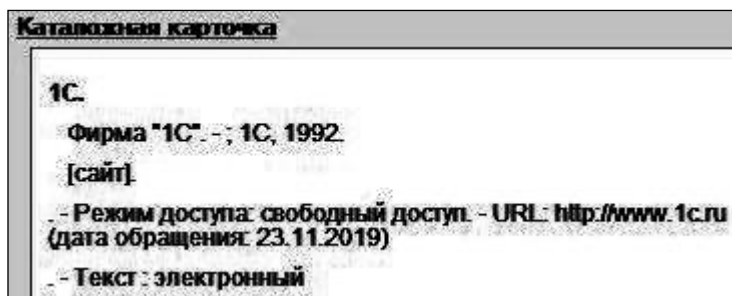


Рис. 17. Библиографическое описание сайта

Из указанного примера и, руководствуясь требованиями RUSMARC, приходим к выводу, что указание вида доступа к электронному ресурсу и URL ресурса для попадания в состав библиографического описания должны быть отражены в поле 337 «Примечание о системных требованиях (электронные ресурсы)». Тогда и только тогда адрес удаленного электронного ресурса будет

надлежащим образом указан в его библиографическом описании.

При этом, если у электронной библиотеки нет прямого выхода в Интернет, то указывать URL ресурса в поле 856 «Местонахождение электронных ресурсов и доступ к ним» не обязательно. Однако, если всё-таки доступ из библиотечной системы во внешний мир есть, то при заполнении поля 856 следу-

ет учитывать технические требования предоставления доступа, описанные как сетевые протоколы. Как правило, доступ к удаленным ресурсам осуществляется по протоколам http и https, поэтому рассматривать примеры доступа по другим протоколам, например, FTP или Telnet, мы не будем.

Следует выделить и такой момент в описании электронных ресурсов как описание прикрепленного файла. АБИС «1С:Библиотека 8» обладает функциональностью хранить в информационной

базе прикрепленные файлы. Как правило, это файлы обложек книг, показывающее, как выглядит печатное издание (рис. 18), но вместо картинки обложки также может быть прикреплен и файл в формате PDF, DOC, DOCX, ODF, PNG или в любом ином формате, поддерживаемом средствами операционной системы, в среде которой эксплуатируется «1С:Библиотека 8». Каталогные записи с прикрепленными файлами отображаются в каталоге пиктограммой «Скрепка».

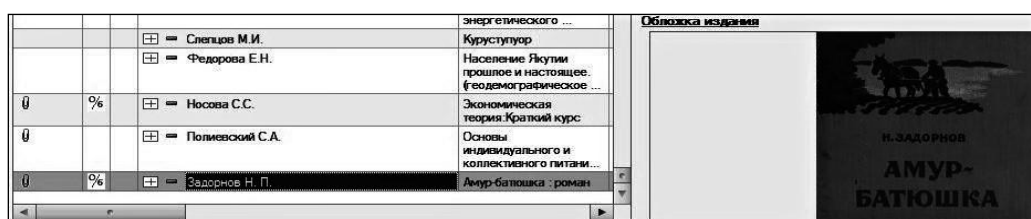


Рис. 18. Прикрепление файла обложки

АБИС «1С:Библиотека 8» предоставляет пользователю широкие возможности для поиска и фильтрации библиографических записей в электронном каталоге с целью их редактирования и формирования печатных форм. Также удобна функция поиска издания. Расширенный поиск позволяет отбирать библиографические записи по нескольким критериям: ISBN; автору; точному году издания или диапазону годов; заглавию; ключевым словам; издательству; месту издания; языку публикации; библиографическому уровню и типу записи. В образовательной организации более удобен простой поиск, который является полнотекстовым поиском, учитывающим морфологию слов. Можно ввести любой параметр, не указывая, к какому полю библиографической записи он относится.

Наряду со средствами поиска информации АБИС «1С:Библиотека 8» обладает мощными средствами формирования отчетности как регламентированной, то есть, установленным требованиями государственных нормативных актов, так и произвольной.

Как видим из представленных примеров, АБИС «1С:Библиотека 8» обладает достаточно современной функциональностью в части касающейся ведения библиотечного каталога и формирования библиографических описаний как ресурсов собственно самой библиотеки, так и ресурсов удаленного доступа. Встроенный редактор полей RUSMARC позволяет оперативно вносить уточнения и исправления в каталожные записи.

Выводы

Обновленные стандарты каталогизации предъявляют более расширенные требования к программным продуктам – электронным средствам каталогизации. Современные электронные средства каталогизации должны обладать как функциональностью ведения электронных каталогов и, как следствие, формированием библиографических описаний в текстовом виде, так и средствами поиска, в том числе и средствами произвольного поиска информации по каталожным записям. Кроме того, к современным электронным средствам

каталогизации предъявляются требования по предоставлению доступа читателям через веб-интерфейс, а также требования интеграции и обмена данными с иными автоматизированными библиотечно-информационными системами.

Исследуя функциональность АБИС «1С:Библиотека 8», мы пришли к выводу, что интерфейс программы удобен, так как его настройка устанавливается в зависимости от роли пользователя (Администратор, Каталогизация, Читатель и др.). Наличие готовых шаблонов библиографических записей позволяет оперативно вносить данные различных издательских ресурсов, поступающих в библиотеку. Автоматическое формирование текстового библиографического описания в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 значительно облегчает работу оператора. Кроме того, программа обеспечивает:

- функциональность описания электронных ресурсов с указанием вида доступа;
- возможность указания адреса местонахождения удаленного ресурса (по полю 856);
- возможность хранения прикрепленных файлов в различных форматах (doc, docx, pdf, ODT, png и др.);
- возможность доступа как через клиентское приложение, так и через веб-клиент.

Однако перед началом работы по созданию каталожных карточек возникает необходимость в доработке программы. А именно нужно:

- добавить область вида содержания в справочник «Издания (библиографические записи)»;
- в редакторе 203 поля настроить значения подполей;
- настроить область каталожной карточки и значения полей области каталожной карточки;
- настроить варианты каталожных карточек.

Применительно к современному этапу развития государства, к электрон-

ным средствам каталогизации предъявляются дополнительные требования, выражающиеся в запрете использования иностранного программного обеспечения, в том числе и системного, необходимого для функционирования АБИС, что в ряде случаев влечет за собой еще одно ограничение в виде соответствия требованиям обеспечения безопасности информации, что характерно для АБИС научно-исследовательских учреждений и предприятий промышленности.

Проведенное исследование рынка АБИС показало, что большей части функциональных требований и всем требованиям законодательства в части, касающейся вопросов импортозамещения и соответствия требованиям безопасности информации, соответствует только одна АБИС – программный продукт «1С:Библиотека 8», функционирующий в среде исполнения технологической платформы «1С:Предприятие 8», производимый российской фирмой «1С».

В представленной статье были рассмотрены практические вопросы ведения библиотечного каталога средствами «1С:Библиотека 8», особый упор сделан на особенностях каталогизации электронных ресурсов удаленного доступа. Рассмотрены практические примеры формирования библиографического описания с примечанием об электронном ресурсе в сети Интернет и предоставлением доступа пользователю к интересующему его удаленному ресурсу.

Исходя из представленных материалов, мы пришли к выводу, что АБИС «1С:Библиотека 8» соответствует требованиям, предъявляемым к электронным средствам каталогизации, но нуждается в серьезной доработке функциональности как в части реализации требований ГОСТ Р 7.0.100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» [3], так и в общесистемной части функционирования в среде современных версий платформы «1С:Предприятие 8».

Литература

1. Правительство РФ. Постановления. Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Постановление Правительства РФ № 1236 [принято 16 ноября 2015] // ГАРАНТ. РУ: Информационно – правовой портал [сайт]. – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71152170> (дата обращения: 29.01.2020).
2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. Приказы. Об утверждении методических рекомендаций по переходу органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления муниципальных образований Российской Федерации на использование отечественного офисного программного обеспечения, в том числе ранее закупленного офисного программного обеспечения: Приказ Минкомсвязи РФ № 335: издан 4 июля 2018: введен в действие 25.07.2018 // ГАРАНТ. РУ: Информационно – правовой портал [сайт]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71895754> (дата обращения: 29.01.2020).
3. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 декабря 2018 г. № 1050-ст: введен впервые: дата введения 2019-07-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)», филиалом «Российская книжная палата», Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская государственная библиотека», Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская национальная библиотека». – Текст: электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200161674> (дата обращения: 30.01.2020).
4. Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации // Официальный сайт ФСТЭК России. – URL: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-po-sertifikatsii/153-sistema-sertifikatsii/591-gosudarstvennyj-reestr-sertifitsirovannykh-sredstv-zashchity-informatsii-n-ross-ru-0001-01bi00> (дата обращения 28.01.2020).
5. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных // Официальный сайт оператора единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет. – URL: <https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/> (дата обращения 27.01.2020).
6. Положение о Системе сертификации средств защиты информации: утверждено и введено в действие Приказом ФСТЭК России от 03.04.2018 № 55 // ФСТЭК России [сайт]. – URL: <https://fstec.ru/index?id=1594:polozhe> (дата обращения 28.01.2020).
7. Воройский Ф.С. Основы проектирования автоматизированных библиотечно-информационных систем. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 453 с.
8. О выборе автоматизированной информационной библиотечной системы для библиотеки ИПМ / М.М. Горбунов-Посадов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2011. – № 2. – 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2011-2> (дата обращения 30.01.2020).

9. Multi-heuristic and game approaches in search problems of the graph theory / Melnikov V.F., Melnikova E.A., Pivneva S.V. [и др.] // Информационные технологии и нанотехнологии: Сборник трудов ИТНТ-2018. Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева. – Самара. – 2018. – С. 2884-2882.

**НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К СЕМАНТИЧЕСКОМУ ОПИСАНИЮ
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

**SOME APPROACHES ON SEMANTIC DESCRIPTIONS OF UNSTRUCTURED
INFORMATION RESOURCES**

Сытник Александр Александрович / Alexander A. Sytnik,

д.т.н., проректор по науке и инновациям, профессор, заведующий кафедрой информационно-коммуникационных систем и программной инженерии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. / Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Information and Communication Systems and Software Engineering, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
as@sstu.ru

Вагарина Наталия Сергеевна / Nataliya S. Vagarina,

доцент кафедры информационно-коммуникационных систем и программной инженерии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. / Associate professor of Department of Information and Communication Systems and Software Engineering, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
vagarina@sstu.ru

Мельникова Нина Ивановна / Nina I. Melnikova,

профессор кафедры информационно-коммуникационных систем и программной инженерии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. / Professor of Department of Information and Communication Systems and Software Engineering, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
MelnikovaNI@sstu.ru

Паншев Сергей Владимирович / Sergey V. Papshev,

доцент кафедры информационно-коммуникационных систем и программной инженерии, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. / Associate professor of Department of Information and Communication Systems and Software, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
psv@sstu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены подходы к семантическому описанию неструктурированных информационных ресурсов и распознавания именованных сущностей. Также рассмотрены возможности применения методов обучения онтологий на основе неструктурированных информационных ресурсов с использованием библиотеки OPENNLP.

Abstract

The article discusses approaches to the semantic description of unstructured information resources and the recognition of named entities. It also discusses the possibilities of using ontology learning methods based on unstructured information resources using the OPENNLP library.

Ключевые слова: анализ текста, неструктурированные информационные

ресурсы, распознавание именованных сущностей, обучение онтологий.

Keywords: text analysis, unstructured information resources, NamedEntityRecognition, leaning ontology.

1. Семантическое описание информационных ресурсов

Развитие сетевых сервисов и их доступность породили значительные объёмы неструктурированных и слабоструктурированных данных. Например, количество веб-сайтов каждый год увеличивается примерно на 100 млн. Объем информации в вебе таков, что эффективный поиск и ее обработка становятся все более затруднительными. В связи с этим делаются попытки поиска новых методов и подходов к созданию, предоставлению и обработке информации.

Основная проблема при глобальном поиске контента заключается в том, что большая часть сетевых информационных ресурсов разработаны для восприятия и обработки человеком, а не для автоматизированной обработки с использованием программных средств. Данная проблема имеет существенное значение не только для поисковых машин, но также для программных средств, предназначенных для содержательного анализа и извлечения знаний из сетевого контента. Один из основных подходов на настоящий момент для решения этой задачи основывается на применении технологий семантического веба. Продвижение концепции семантического веба осуществляется консорциумом W3C, который разрабатывает и внедряет технологические стандарты для информационных ресурсов глобальных компьютерных сетей. Наиболее серьезным препятствием к развитию идей семантического веба и повсеместному внедрению является сложность создания семантической разметки уже существующей информации. Поэтому, в настоящее время наиболее перспективные направления исследований в этой области связаны с созданием про-

граммных продуктов, генерирующих семантические форматы данных из уже существующих данных [1], а также с обучением онтологий, т.е. автоматическим или полуавтоматическим созданием онтологий [2]. Специфика обработки неструктурированной и слабоструктурированной информации, которая в значительной мере и составляет веб-контент, во многом зависит от предметной области. Решение данной проблемы лежит в области семантического описания веб-страниц [3]. Таким образом, новые подходы к созданию, предоставлению и обработке информации основываются на новых методах ее описания.

Семантическое описание информационных ресурсов также позволяет преодолеть существующую коллизию в области их использования с помощью программных средств. В настоящее время данные в вебе локализованы в небольшие острова данных вследствие использования проприетарных программных интерфейсов. Вследствие этого возникают сложности в разработке программных средств при необходимости использовать данные различных островов данных. Это означает, что эффективная обработка веб-контента с использованием различных программных средств возможна при достижении соглашений по стандартизованному предоставлению этого контента. Следует отметить, что речь идет не только о неструктурированных и полуструктурированных данных, а также и о структурированных данных, т.е. базах данных, которые также можно представлять с использованием семантических форматов данных, например, RDF [4]. Это дает возможность использовать стандартный программный интерфейс для эффективного связывания данных из различных источников, различных баз данных и получать новые знания с использованием технологий семантического веба. Также использование семантических форматов для представления данных позволяет осуществлять легкий об-

мен данными в вебе, подобно тому, как в настоящее время происходит обмен документами.

Структурированный веб-контент достаточно легко конвертируется в семантические форматы. По-другому обстоит дело с неструктурированным и полуструктурированным веб-контентом. Ввиду того, что создан беспрецедентно большой объем подобного веб-контента, необходимы слишком большие усилия для использования технологий семантического веба для его продуктивного использования. Поэтому усилия по внедрению технологий семантического веба следует направить, прежде всего, на разработку программных средств для семантического описания созданного веб-контента и обучения онтологий, т.е. автоматическое построение онтологий. Наиболее очевидный подход для семантического описания информационных ресурсов основан на анализе текстовой информации и выделении именованных сущностей, включая имена людей, названия географических мест, описания фактов и пр. Для этой цели можно использовать различные подходы, например, статистический анализ текста, распознавание шаблонов, сопоставление слов в тексте с известными базами знаний и другие.

Все методы и алгоритмы анализа неструктурированных и слабоструктурированных данных базируются на концепции метаданных. Это данные, описывающие другие данные. Свойства, состав и функции метаданных зависят от конкретных технологий реализации программных средств, особенностей описываемых ресурсов и от сферы применения. Метаданные можно создавать разными способами. Зачастую метаданные создает непосредственно человек. При этом автор метаданных присваивает описательные слова, которые являются либо совершенно произвольными, либо берутся из некоего словаря применяемого в той или иной предметной области.

Другой способ создания метаданных состоит в формулировании и применении правил, позволяющих осуществить категоризацию текста. Например, «если в русскоязычном тексте содержатся слова «if» и «for», то следует отнести его к категории «программирование». Обычно, такие правила создаются специалистами в предметных областях. Затем эти правила автоматически применяются к поступающим документам для их классификации.

Третий подход в создании метаданных основывается на машинном обучении. Машинные методы позволяют генерировать метаданные автоматически или полуавтоматически по содержанию. Для этого используются алгоритмы тематического моделирования. Классификация отличается от кластеризации тем, что множество классов объектов заранее определено. Такой подход носит название «обучение с учителем». Кластеризация это пример «обучения без учителя», когда заранее отсутствует определенное множество тематических классов объектов. Оба эти подхода применяются для категоризации документов, которая состоит в том, чтобы присвоить документам определенную метку, обусловленную его категорией. Все это позволяет «вытягивать» различные сущности из рассматриваемых неструктурированных и полуструктурированных текстов.

Рассмотрим, например, существительные, которые играют важную роль для понимания текста, и обозначают некоторые конкретные сущности. Именованными сущностями в области машинной обработки текстов (Natural Language Processing, NLP) и обработки естественных языков являются собственные имена. Одной из подзадач извлечения информации (Information Extraction, IE) является задача распознавания именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER). Данная задача состоит в автоматическом извлечении из неструктурированных и полуструктурированных данных

именованных сущностей и построения структурированных данных. Если говорить формально, то сутью задачи является категоризация именovaných сущностей, т.е. слов и последовательностей слов, которые найдены в тексте. Как уже указывалось, примерами таких именovaných сущностей являются географические названия, имена людей, названия организаций и пр.

Задача распознавания именovaných сущностей имеет большое значение в обработке веб-контента. Состав именovaných сущностей в различных текстах, их схожесть или различие позволяют делать предположения о семантической близости рассматриваемых текстов. Поэтому автоматическое распознавание именovaných сущностей в текстовой информации имеет большое значение также и для технологий семантического веба.

Имеются различные подходы для решения задачи NER. Один из важнейших подходов в этой области основан на совместном использовании регулярных выражений и словарей. Регулярные выражения являются формальным языком и обычно используются для определения поисковых паттернов, шаблонов поиска, для фильтрации текстовых данных. Регулярные выражения были созданы Стивеном Клини в 50-х годах прошлого века [5] и впервые были применены для решения задачи поиска в 1968 году [6].

Совместное использование регулярных выражений и словарей основано на существовании формальных признаков собственных имен, а так же на том, что число таких имён сравнительно небольшое относительно общего количества слов в языке. Регулярные выражения используются для извлечения фрагментов текста, которые удовлетворяют формальным признакам именovaných сущностей. Далее выполняется допол-

нительный разбор извлеченного текста и применяется поиск по словарю.

Рассмотрим особенности написания имен людей в русском языке с целью составить регулярное выражения для поиска имен людей в неструктурированном тексте [7]. Имена людей принято писать с прописной буквы, людей именуют, как правило, с использованием фамилии и имени. Если используется отчество, то только в сочетании с именем или именем и фамилией. Также имя и отчество могут записываться как инициалы, однако в целом для именования человека должны совместно использоваться фамилия и инициалы. Очевидно, что указанные способы именования людей являются недостаточными для однозначной идентификации личности. Однако первоначально необходимо выявить существование сущности и ее границ, а затем уже предпринимать попытки идентифицировать ее. Таким образом, можно составить список возможных вариантов записи имён: Митрофанов Андрей Андреевич; Андрей Андреевич Митрофанов; Митрофанов А. А.; А. А. Митрофанов; Митрофанов Андрей; Андрей Митрофанов; Андрей Андреевич; Андрей; Митрофанов.

После определения формальных признаков именовой сущности можно составить регулярное выражение, которое можно применять для выделения определённых фрагментов текста. Для указанного списка имен можно использовать следующее регулярное выражение (синтаксис Perl Compatible Regular Expressions, PCRE):

```
[А-Я](\.\s*[А-Я]\.\s*[А-Я][а-я]+)|([а-я]+(\s+[А-Я](\.\s*[А-Я]\.)([а-я]+(\s+[А-Я][а-я]+)?)))?)
```

На рис. 1 приведены результаты разбора фрагмента текста, выполненного с использованием данного регулярного выражения.

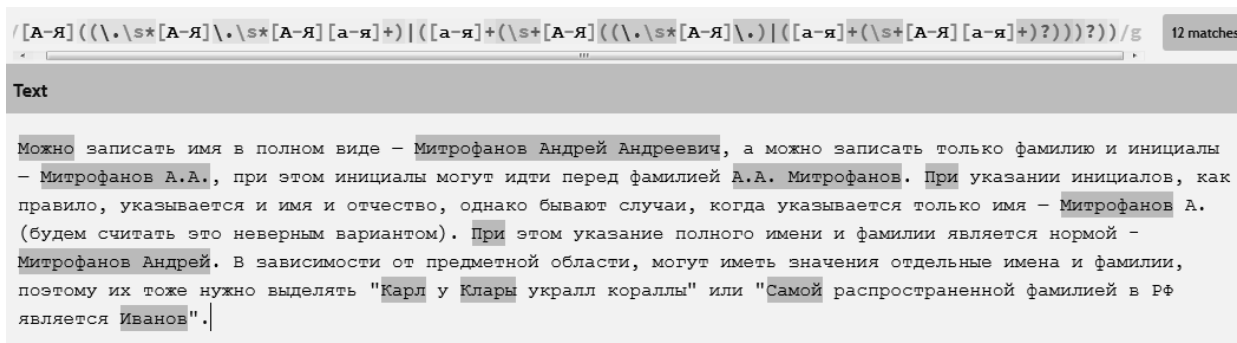


Рис. 1. Выделение именованных сущностей с использованием регулярного выражения

Эффективность этого подхода зависит от множества факторов: языка, предметной области, качества регулярных выражений, словарей и др. Применение данного метода осложняется тем, что некоторые слова, обозначающие именованные сущности, могут иметь несколько смыслов, например, слово «любовь» может означать чувство и женское имя, а слово «Владимир» может обозначать мужское имя и название города.

Для решения указанных проблем могут применяться методы статистической классификации. Как правило, в этом случае, текст разбивается на отдельные слова, после чего каждое слово анализируется и принимается решение – является ли это слово началом именованной сущности, её продолжением или не является частью именованной сущности. Такой подход, в частности, реализован в комплексе утилит для анализа естественного языка Apache OpenNLP.

Для выделения именованных сущностей в OpenNLP используется утилита TokenNameFinder, которая разбивает текст на лексемы и соотносит их определённым классам. При распознавании именованных сущностей утилитой TokenNameFinder учитываются следующие признаки:

- Анализируемая лексема.
- 1. Лексема левее анализируемой.
- 2. Лексема на 2 позиции левее анализируемой.
- 3. Лексема правее анализируемой.

- 4. Лексема на 2 позиции правее анализируемой.
- 5. Класс анализируемой лексемы.
- 6. Класс лексемы левее анализируемой.
- 7. Класс лексемы на 2 позиции левее анализируемой.
- 8. Класс лексемы правее анализируемой.
- 9. Класс лексемы на 2 позиции правее анализируемой.
- 10. Совокупность признаков 1 и 6.
- 11. Совокупность признаков 2 и 7.
- 12. Совокупность признаков 3 и 8.
- 13. Совокупность признаков 4 и 9.
- 14. Совокупность признаков 5 и 10.
- 15. Прогноз для лексемы левее анализируемой.
- 16. Прогноз для лексемы на 2 позиции левее анализируемой.
- 17. Прогноз для лексемы правее анализируемой.
- 18. Прогноз для лексемы на 2 позиции правее анализируемой.
- 19. Совокупность признаков 6 и 7.
- 20. Совокупность признаков 6 и 9.
- 21. Метка, ранее присвоенная такой же лексеме.

Класс лексемы определяется набором формальных правил, которые учитывают количество и множество символов, которые содержит лексема. Классы лексем:

- 1. Только строчные буквы.
- 2. Две цифры.
- 3. Четыре цифры.
- 4. Число и буква.
- 5. Число и дефис.

6. Число и обратная черта (символ «\»).
7. Число и запятая.
8. Число и точка.
9. Число.
10. Одна прописная буква.
11. Только прописные буквы.
12. Начальные буквы – прописные.
13. Ни один из вышеперечисленных вариантов

Классы лексем позволяют делать предположения о типе именованных сущностей, которые обозначаются данными лексемами. Например, лексемы, относящиеся к классам 2 или 3, явно не могут обозначать людей, в то время как лексема, относящаяся к классу 12, имеет большую вероятность оказаться частью имени какого-либо лица. Лексемы одного класса могут относиться к различным типам именованных сущностей в зависимости от предметной области и языка. Например, в качестве десятичного разделителя в английском языке используется точка, в то время как в русском (и большинстве других) – запятая. Таким образом, лексема, обозначающая вещественное число, может принадлежать разным классам, в зависимости от языка.

Признаки и классы лексем определены в коде `TokenNameFinder`, изменить их можно изменив код утилиты. Все особенности предметной области и языка, которые необходимо учитывать при распознавании именованных сущно-

стей, оформляются в виде модели, которая представляет собой отдельный файл, который передаётся утилите `TokenNameFinder`.

Модель является результатом обучения классификатора при помощи утилиты `TokenNameFinderTrainer`. Наилучшие результаты распознавания достигаются в том случае, если тексты, на которых проводилось обучение, имеют схожую структуру и относятся к той же предметной области, что и тексты, в которых производится распознавание.

Оценка качества распознавания производится путём вычисления 3-х характеристик – полноты, точности и F-меры. Полнота показывает долю распознанных сущностей. Точность определяет долю сущностей, которые были верно распознаны. F-мера представляет собой взвешенное среднее гармоническое точности и полноты. Для вычисления этих характеристик в пакете `OpenNLP` используется утилита `TokenNameFinderEvaluator`.

В таблице 1 представлены характеристики качества распознавания именованных сущностей при помощи модели `en-ner-person.bin` на тестовом тексте, составленном на основе англоязычной новостной ленты Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., содержащем 50 тыс. знаков.

Таблица 1. Характеристики качества NER с использованием модели `en-ner-person.bin`

Точность	Полнота	F-мера
0,4482	0,26	0,3291

Как видно по значениям характеристик, качество распознавания достаточно низкое, несмотря на то, что модель `en-ner-person.bin`, поставляемая вместе с пакетом `OpenNLP`, обучена на текстах новостных лент. Можно предположить, что это связано с тем, что большая часть имён и фамилий, встречающихся в те-

стовом тексте новостной ленты, являются транслитерацией русских имён. Таким образом, для повышения качества распознавания необходимо создать новую модель с учётом специфики предметной области.

Для обучения модели необходимо предварительно выделить и пометить име-

нованные сущности в обучающем тексте. Сущности, обозначающие имена людей, обозначаются при помощи меток <START:person> и <END>. Метки должны быть отделены пробелами от предшествующего и последующего текста, лексемы, обозначающие сущность, так же должны быть отделены от меток пробелами. Каждая строка обучающего текста должна содержать одно предложение. Как правило, обучающие тексты аннотируются вручную, однако могут применяться и автоматизированные средства для предварительной разметки с последующей ручной правкой.

Для утилиты TokenNameFinderTrainer необходимо указать три обязательных параметра: data (имя файла с данными для обучения); lang (код языка); model (имя файла, в который будет записана модель). В качестве дополнительных

параметров могут быть указаны: кодировка файла; тип модели; количество итераций; критерий включения признака в модель; внешний генератор признаков. Результаты обучения модели на аннотированном тексте, составленном на основе англоязычной новостной ленты Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., содержащем 50 тыс. знаков, доступны в хранилище научных данных Zenodo [9]. Используемый для обучения набор данных также доступен в хранилище научных данных Zenodo [8].

В таблице 2 представлены характеристики качества распознавания именованных сущностей при помощи модели en-ner-person-sstu-news.bin на тестовом тексте, который использовался для оценки качества распознавания при помощи модели en-ner-person.bin.

Таблица 2. Характеристики качества NER с использованием модели en-ner-person-sstu-news.bin

Точность	Полнота	F-мера
0,9743	0,76	0,8553

Как видно по значениям характеристик, качество распознавания с использованием созданной модели существенно выше по сравнению с использованием общей модели.

Помимо объема и качества текста для обучения, на качество распознавания так же влияют параметры обучения – количество итераций алгоритма обучения и критерий включения признаков в модель. Результаты распознавания именованных сущностей с использованием моделей, обученных при помощи различного числа итераций и с различным критерием включения признака в мо-

дель, представлены в таблицах 3, 4 и 5. Из результатов видно, что с увеличением числа итераций и уменьшением критерия включения признака F-мера возрастает. Следует иметь в виду, что уменьшение критерия включения признака приводит к увеличению объема модели, а, следовательно, к увеличению затрат ресурсов на распознавание. Кроме того, избыточное число признаков в модели может создавать шумы и негативно сказываться на качестве распознавания, приводя к ошибочному распознаванию сущностей, там, где их на самом деле нет (false positive).

Таблица 3. Значения F-меры при распознавании с использованием моделей, обученных с различными параметрами количества итераций и критерия включения признака в модель

Итерации \ Критерий	Итерации									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	0,9485	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	0,9796	1,0000
4	0,9130	0,9130	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583
5	0,8539	0,8791	0,9149	0,9263	0,9263	0,9263	0,9263	0,9263	0,9263	0,9263
6	0,8000	0,8409	0,8791	0,8791	0,8791	0,8791	0,8791	0,8791	0,8791	0,8913
7	0,6410	0,7160	0,7711	0,7711	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857	0,8140	0,8140
8	0,5946	0,6329	0,7160	0,7317	0,7317	0,7317	0,7470	0,7470	0,7619	0,7765
9	0,5753	0,6329	0,7160	0,7317	0,7317	0,7073	0,7229	0,7229	0,7381	0,7529
10	0,5753	0,6329	0,6914	0,6914	0,7160	0,6914	0,6914	0,7229	0,7229	0,7381

Таблица 4. Значения точности при распознавании с использованием моделей, обученных с различными параметрами количества итераций и критерия включения признака в модель

Итерации \ Критерий	Итерации									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	0,9787	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	0,9744	0,9756	0,9773	0,9778	0,9778	0,9778	0,9778	0,9778	0,9778	0,9778
6	0,9714	0,9737	0,9756	0,9756	0,9756	0,9756	0,9756	0,9756	0,9756	0,9762
7	0,8929	0,9355	0,9697	0,9697	0,9706	0,9706	0,9706	0,9706	0,9722	0,9722
8	0,9167	0,8621	0,9355	0,9375	0,9375	0,9375	0,9394	0,9394	0,9412	0,9429
9	0,9130	0,8621	0,9355	0,9375	0,9375	0,9063	0,9091	0,9091	0,9118	0,9143
10	0,9130	0,8621	0,9032	0,9032	0,9355	0,9032	0,9032	0,9091	0,9091	0,9118

Таблица 5. Значения полноты при распознавании с использованием моделей, обученных с различными параметрами количества итераций и критерия включения признака в модель

Итерации \ Критерий	Итерации									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	0,92	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1,00

4	0,84	0,84	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
5	0,76	0,80	0,86	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
6	0,68	0,74	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,82
7	0,50	0,58	0,64	0,64	0,66	0,66	0,66	0,66	0,70	0,70
8	0,44	0,50	0,58	0,60	0,60	0,60	0,62	0,62	0,64	0,66
9	0,42	0,50	0,58	0,60	0,60	0,58	0,60	0,60	0,62	0,64
10	0,42	0,50	0,56	0,56	0,58	0,56	0,56	0,60	0,60	0,62

2. Разметка данных в семантическом вебе

После извлечения именованных сущностей следует выполнить их семантическую разметку на основе принципов семантического веба.

В рамках семантического подхода к моделированию данных существует несколько способов описания данных, некоторые из которых имеют статус стандарта.

Продвижение идеи семантического веба, прежде всего, основывается на стандартизации описания высказываний, называемых триплетами. Описание триплетов выполняется на языке RDF (Resource Description Framework). Триплет представляет собой модель «субъект – предикат – объект». Субъект представляет собой сущность, которую необходимо описать, предикат является свойством субъекта, а объект определяет значение этого свойства. RDF представляет собой неотсортированную последовательностей высказываний или триплетов.

RDF является частью концепции семантического веба и разработан консорциумом W3C как модель представления данных, формальный язык для описания структурированной информации. RDF представляет высказывания о ресурсах в виде, пригодном для машинной обработки. RDF на настоящий момент рассматривается как основной формат представления данных в рамках концепции семантического веба. На сегодняшний день доступны многочисленные программные инструменты для работы с RDF. Практически каждый язык программирования предлагает библио-

теки для чтения и записи RDF документов. Различные RDF-хранилища, так называемые triple stores, доступны для хранения и обработки больших объемов данных RDF, и даже поставщики коммерческих баз данных уже предоставляют соответствующие расширения для своих продуктов, поддерживающие формат RDF. RDF также используется для обмена данными в конкретных областях применения и предметных областях. Наиболее яркий пример такого рода использования RSS 1.0 для синдикации новостей в Интернете. RSS – семейство XML-форматов, предназначенных для описания лент новостей, анонсов статей, изменений в блогах и т. п. Информация из различных источников, представленная в формате RSS, может быть собрана, обработана и представлена пользователю в удобном для него виде специальными программами-агрегаторами или онлайн-сервисами, такими, как Google Reader, Яндекс.Лента и другими. RSS 1.0 основан на XML и RDF. Кроме того, метаданные файлов некоторых настольных приложений иногда кодируются с использованием RDF. Например, в случае Adobe – RDF формат XMP для встраивания информации в PDF файлы. Adobe XMP (англ. eXtensible Metadata Platform – расширяемая платформа метаданных) – это технология, созданная Adobe и позволяющая пользователю добавлять дополнительную информацию в файлы, сохраняемые в форматах PNG, GIF, JPEG, PSD, TIFF и многих других. Технология XMP обеспечивает обмен метаданными между различными приложениями. Например, можно сохранить ме-

таданные из одного файла в качестве шаблона, а затем экспортировать эти метаданные в другие файлы. Обычно XMP представляется конструкциями из подмножества модели RDF. На RDF основаны и аннотации в формате векторной графики формат SVG.

Основополагающим для RDF является понятие модели данных. Это есть набор фактов и семантических связей между ними, задаваемый конкретным RDF-документом. Базовый строительный блок модели данных – утверждение, представляющее собой тройку (триплет): ресурс, именованное свойство и его значение. В терминологии RDF эти три части утверждения называются соответственно: субъект, предикат и объект. Примером такой тройки может служить документ-автор-человек. Ресурсом называют все, что описывается средствами RDF.

RDF дает формализм для аннотирования ресурсов с помощью метаданных и способ его записи в XML, но не дает никакого конкретного смысла элементам словаря, метаданные интерпретируются как произвольные бинарные отношения. RDF Schema, семантическое расширение RDF, позволяет определить словарь терминов RDF-модели и отношения между этими терминами, придает конкретным RDF предикатам дополнительный смысл, который определяет как термин должен интерпретироваться. RDFS использует множество базовых примитивов, таких как class, subclass-of, property, sub-property, domain, range, type. RDFS позволяет указать, каким классам присущи заданные свойства и ресурсы какого класса могут появиться в качестве значения заданного свойства. Кроме того, RDFS позволяет связать классы отношениями множественного наследования и обеспечить механизм полиморфизма.

RDF/RDFS позволяет представлять информацию, которая представлена с использованием различных схем, в единый граф. Это дает возможность объединять термины из различных слова-

рей для представления данных. RDF словари можно представить как схему для описания данных. Это специальный «язык», набор классов и их свойств, с помощью которых указывается суть и смысл содержимого на странице. Как и реляционная база данных, RDF словари позволяют дать определения терминам, используемым для моделирования отношений между элементами данных. Одной из проблем в создании связанных данных является повторное и совместное использование словарей RDF при описании тех или иных предметных областей.

Повторное использование существующих словарей гарантирует, что большинство людей будут использовать наиболее распространенные словари, что позволит достигнуть единства при описании предметных областей.

В случае описания узкоспециализированных предметных областей необходимо использование других словарей или создание своих собственных. Таким образом, можно условно разделить существующие словари на основные и специализированные. При создании модели предметной области необходимо провести анализ соответствующих терминов, что включает анализ описания наиболее распространённых типов данных с помощью терминов из основных словарей, использование специализированных словарей для описания терминов, не найденных в основных словарях, и создание собственных словарей при необходимости.

Ключевым компонентом семантического веба являются онтологии. В контексте информационных систем, онтология – формализованное описание общепринятого понимания некоторой предметной области, с помощью которого могут общаться люди, компьютерные системы. Это система понятий некоторой предметной области, которая представляется как набор сущностей, соединённых различными отношениями. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является

их формальная структура, упрощающая их компьютерную обработку. Онтологии определяют модели данных в терминах классов, подклассов и свойств. Структура онтологии в общем виде представляет собой набор элементов четырёх категорий: понятия; отношения; аксиомы; отдельные экземпляры. Онтология охватывает не только понятия некоторой предметной области, представляемой как набор сущностей, но показывает отношения между ними.

3. Семантическая сегментация информационных ресурсов

Рассмотренные методы и алгоритмы классификации неструктурированных и полуструктурированных текстов могут быть использованы при смысловой сегментации веб-сайтов. Однако, в общем случае смысловая привязка или выявление семантики веб-страниц на экспертной основе сильно затруднены в виду объёмных факторов. Это трудно сделать также, основываясь только на методе анализа содержимого веб-страниц. Основная проблема заключается в том, что содержимое страницы часто бывает недостаточно для индексирования и составления семантического описания (например, ключевых слов, подходящих к содержимому страницы, может просто не быть в тексте). Кроме того, веб-страница может содержать трудно анализируемые данные (видео, изображения, Flash-объекты, SVG-графика, сложные JavaScript-сценарии). Проблема во многом актуальна и для образовательных веб-ресурсов, страницы которых могут содержать подобные объекты. Некорректное определение ключевых слов, а также сложности с их выявлением ведут к исключению страниц из индекса либо к неверной их индексации.

Чтобы решить данную проблему и повысить релевантность, необходимо построить слой структурированных данных поверх неструктурированного содержимого страниц. Определённым выходом является предварительная груп-

пировка веб-страниц для совместного их анализа, поскольку применение методов анализа текста к коллекциям документов позволяет получить более релевантные результаты. Попытки решения данной проблемы осуществлялись как на основе учёта внешних по отношению к конкретной странице факторов, так и на основе предварительной сегментации гипертекстового пространства (веб-сайта) на подмножества страниц, имеющих схожую семантику.

В первом случае рассматривается дополнительная информация, которую можно получить из гипертекстовой структуры веб-сайта и его ссылочного окружения. Соответственно, при этом можно выделить два подхода к извлечению и структурированию информации.

Во-первых, это наблюдение над поведением посетителей сайта для последующей группировки страниц, а также соотнесение ключевых слов с просматриваемыми веб-страницами. К такой информации можно отнести, прежде всего, данные веб-аналитики посещения страниц веб-сайта. Методы данного подхода базируются на группировке наиболее посещаемых страниц веб-сайта, исходя из гипотезы о том, что статистически пользователи сайта определяют те веб-страницы, которые наиболее интересны, и тем самым формируют его тематику. Поэтому совместный анализ веб-страниц, обладающих общей тематикой, может быть полезным.

В другом случае данный подход также эксплуатирует статистику посещения и основан на выделении областей веб-сайта, просматриваемых пользователем за одну сессию. В его основе лежит тезис о том, что за каждую сессию пользователь интересуется одной темой либо несколькими схожими, при этом он старается посещать страницы, соответствующие этим темам.

Наконец, для группировки страниц для совместного анализа содержимого при использовании статистики посещения используют соотнесение ключевых фраз, вводимых пользователем при по-

иске, с множествами страниц, посещенных за сессию. Аналогично предыдущему подходу, предполагается, что пользователь в рамках одной сессии интересуется одной тематикой (или несколькими схожими), поэтому его поисковый запрос описывает набор страниц, посещенных за данную сессию. Аналогично, все ключевые слова, введенные в поисковом запросе, распространяются на все просмотренные страницы.

Второй подход основан на методах анализа гипертекстовой структуры сайта. Одним из таких методов является анализ логической структуры сайта, его гипертекста. Для построения соответствующей модели веб-сайта разработан инструмент построения графа, узлы которого образованы веб-страницами, а ребра – гиперссылками между ними, а уже на его основе возможно проанализировать свойства графа и предложить рекомендации по оптимизации гипертекстовой структуры сайта.

Наиболее полный результат при решении задачи построения семантического описания сайта может быть достигнут за счет применения всех рассмотренных методов, что позволяет более полно описать содержательную часть страниц сайта. При анализе поведения пользователей применительно к графу за основу берется допущение о связанности друг с другом по смыслу и наличии общей тематики у узлов, расположенных на кратчайшем пути от стартовой до целевой страницы: каждая последующая страница раскрывает часть содержания предыдущих. Соответственно, в формируемую группу попадают все веб-страницы, лежащие на данном пути.

Ещё один подход, использующий математическую модель, применяется для кластеризации веб-страниц на основе методов формального концептуального анализа (FCA) [6], генетических алгоритмов латентного семантического индексирования [7], построения решёток конгруэнций и толерантностей [8]. При этом в качестве математической модели веб-сайта используют граф, конечный

автомат или объектно-ориентированную модель [9–11]. Полученные в результате кластеры страниц могут использоваться для совместного анализа их содержимого и последующего представления в виде фактов в стандартизованном и поддерживаемом для машинного чтения RDF-формате [12].

Важной особенностью последних рассмотренных методов является и применимость в контексте всего сайта в целом, что отличает его от анализа текста и поиска известных фактов в рамках какой-то одной страницы локально. Такой подход позволяет выявлять факты, свойственные содержанию всего сайта, а не только выбранной страницы.

Таким образом, применяя данные подходы совместно или отдельно, мы можем сформировать структурированное описание для всех страниц веб-сайта, включая даже те, которые содержат незначительное количество информации для текстового анализа либо вообще не могут быть проиндексированы стандартными средствами. Для построения структурированного описания мы применяем анализ текста не к отдельным элементам, а к коллекциям веб-документов, распространяя результаты на все страницы, в них входящие. Структурированные данные, полученные в результате, могут быть использованы программными системами (в частности, поисковыми) для автоматизированного извлечения данных, повышения релевантности и простоты индексации.

4. Обучение онтологий на основе лингвистических методов

Онтологию можно рассматривать как словарь терминов и отношений между этими терминами в некоторой предметной области. Онтологии позволяют не только эффективно классифицировать данные, но и упаковывать их в форму, пригодную для выполнения логических выводов. Как уже указывалось ранее, для семантической разметки информационных ресурсов большое значение имеют программные средства для авто-

матического обучения онтологий, которое также называется «обучение онтологий». Это термин обозначает автоматическую или полуавтоматическую поддержку построения онтологии, которая может снизить стоимость создания онтологии. Таким образом, обучение онтологий рассматривается как процесс автоматического построения онтологии с использованием различных методов, в том числе и лингвистических. При использовании лингвистических методов обучения онтологии первым этапом является выделение сущностей из данных различной степени структурированности. Эффективно решенные задачи классификации и кластеризации неструктурированных и полуструктурированных данных могут являться базисом для обучения онтологий. В настоящее время уже существует множество более или менее эффективных методов обучения онтологий. Поскольку полная автоматизация этих методов остается в далеком будущем, процесс обучения онтологий всегда является полуавтоматическим с необходимостью вмешательства человека.

Согласно [10], методы обучения онтологий можно различать по четырем характеристикам:

1. степень автоматизации (полуавтоматическая, полностью автоматическая);
2. онтологические знания для извлечения (концепции, таксономия, не таксономические отношения, примеры или аксиомы);
3. наличие предварительных знаний (создание онтологий с нуля и/или обновление существующих онтологий) [11];
4. исходный источник знаний: эти данные могут быть структурированными, которые относятся к уже известным моделям знаний (схемам баз данных или существующим онтологиям), полуструктурированными данными, обозначающими смесь структурированных данных со свободным текстом (веб-страницы, ви-

кипедия, документы XML и т.д.) или неструктурированными, относящимися к текстовым документам на естественном языке (документы PDF, большинство веб-страниц на основе HTML и т. д.)

Большая часть знаний, доступных в Интернете, представляет собой тексты на естественном языке. Вследствие этого особое внимание уделяется обучению онтологий на основе анализа текстов.

Процесс извлечения доменной онтологии может быть разложен на ряд шагов, обобщенных в [12] и широко известных как «слоеный пирог обучения онтологии». Первым шагом процесса обучения онтологии является выделение терминов, которые имеют большое значение для описания предметной области. Термин – это базовая семантическая единица, которая может быть простой или сложной. Далее следует извлечь синонимы из полученного предыдущего набора терминов. Это позволяет ассоциировать разные слова с одним и тем же понятием на одном языке или на разных языках. Эти два слоя называются лексическими «слоями торта» обучения онтологии. На третьем шаге необходимо определить, какие из существующих терминов являются понятиями. Согласно [12], термин может представлять концепт, если мы можем определить: его намерение (дающее определение, формальное или иное, охватывающее все объекты, описываемые концептом), его расширение (все объекты или экземпляры данного концепта) и сообщить о его лексических реализациях (набор синонимов на разных языках).

Таким образом, при обучении онтологий ключевой задачей является извлечение иерархии понятий для нахождения взаимосвязей «is-a», то есть классов и подклассов или гиперонимов. За этим этапом следует извлечение нетаксономических отношений, которое заключается в поиске любых отношений, которые не вписываются в ранее описанную таксономическую структу-

ру. Извлечение аксиом является последним уровнем учебного процесса и считается самым сложным. На сегодняшний день лишь немногие проекты реализуют использование аксиом и правил вывода из текста.

Также необходимо отметить, что обучение онтологий должно учитывать множество аспектов, касающихся реалий современного мира. Например, одной из наиболее часто используемых онтологий является онтология для описания взаимоотношений людей FOAF (Friend of a Friend). FOAF исходит из предположения, что физический индивид и социальный индивид являются тождественными. Но это справедливо лишь для западного общества. А в Индии, например, в качестве социального индивида также необходимо рассматривать варны и касты. Однако онтология FOAF не отражает множественности социальных индивидов. Множественность социальных индивидов, характерных для различных культур, также не отображается в явном виде и в социальных сетях. Поэтому использование онтологии FOAF для структурирования

данных социальных сетей не может учесть множественности социальных индивидов [13]. Следовательно попытка сделать логические выводы на онтологиях, не учитывающих многообразия культур, сразу же влечет большое количество ограничений. Таким образом, обучение онтологий только на основе текстового анализа означает его ограниченность и не позволяет выявить многие смысловые нюансы в контенте. Поэтому при обучении онтологий также необходимо обращаться к анализу социальных и культурных процессов, сопровождающих анализируемые тексты. Это означает, что эффективное обучение онтологий должно сочетать методы как текстового анализа, так и социального и культурного анализа контекста, в котором были порождены анализируемые тексты. При таком междисциплинарном подходе появляется возможность выявить скрытую фактологию, присутствующую в текстах, на основе логического вывода с использованием онтологий.

Литература

1. Вагарина Н.С., Апсаликов М.Ю. Разработка библиотеки для генерации семантических данных // Наука, техника и образование. – 2015. – Т. 10 (16). – С. 31-35.
2. Романов С.В., Сытник А.А., Шульга Т.Э. О возможностях использования коммуникативных грамматик и LSPL-шаблонов для автоматического построения онтологий // Известия Самарского центра РАН. – 2015. – Т. 17. № 2(5). – С. 1104-1108.
3. Sytnik A.A., Papshev S.V. Semantic Segmentation of Hypertext on the Basis of Automata Model // International Journal of Computing Anticipatory Systems. 2014. Т. 28. С. 109-115.
4. Вагарина Н.С. Программные инструменты для семантического описания структурированной и слабоструктурированной информации // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: сб. науч. ст. по материалам XI Всерос. науч. конф., г. Саратов, 9-10 апр. – 2015. – С. 56-59.
5. Kleene S.C. Representation of events in nerve nets and finite automata // Automata Studies, Ann. Math. Stud. 1956. № 34. С. 3-41.
6. Thompson K. Programming Techniques: Regular Expression Search Algorithm // Commun. ACM. 1968. Т. 11. № 6. С. 419-422.
7. Митрофанов А.А., Валявский В.А. Обучение модели распознавания именованных сущностей на англоязычных новостных материалах // Проблемы управления в со-

- циально-экономических и технических системах: сб. науч. ст. по материалам XI Всерос. науч. конф., г. Саратов, 9-10 апр. – 2015. – С. 31-37.
8. Vagarina N., Melnikova N, Mitrofanov A. Data for Model Learning on base OPENNLP.docx (Version 1) // 2019. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.35500389>.
 9. Vagarina N., Melnikova N., Mitrofanov A. The results of model learning on base an annotated text, compiled on the basis of the English-language news feed of the Yuri Gagarin State Technical University of Saratov // 2019. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3577641>.
 10. Zouaq A., Nkambou R. A survey of domain ontology engineering: Methods and tools // Studies in Computational Intelligence. 2010. Т. 308. С. 103-119.
 11. Benz D. Collaborative Ontology Learning // Master's Thesis. University of Freiburg / 2007.
 12. Buitelaar P, Cimiano P, Magnini B (2005) In: Ontology Learning from Text: Methods, Evaluation and Applications. Buitelaar P, Cimiano P, Magnini B (Eds); Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, 123. Amsterdam: IOS Press: 3-12. С. 3-12. <http://doi.org/10.1162/coli.2006.32.4.569>.
 13. Вагарина Н.С., Мельникова Н.И., Маринин Д.С. Разработка приложения для структурирования данных социальных сетей в формате FOAF // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11 (53). – С. 31-34.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ.

IMPROVING THE RELIABILITY OF PEDAGOGICAL TESTING.

Неустроев Сергей Сергеевич / Sergey S. Neustroev,

*доктор экономических наук, руководитель Офиса проектов, ФГБНУ «Институт управления образованием Российской академии образования» / Doctor of Economics, Project Office Manager, The Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Management of Education of The Russian Academy of Education»,
iuora@mail.ru*

Сердюков Владимир Иванович / Vladimir I. Serdyukov,

*доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Институт управления образованием Российской академии образования», профессор кафедры прикладной математики, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана / Doctor of Technics, Professor, Leading scientific researcher, The Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Management of Education of The Russian Academy of Education», the Professor of the Chair of Applied Mathematics, Moscow State Technical University after N.E. Bauman,
wis24@yandex.ru*

Сердюкова Наталья Александровна / Natalia A. Serdyukova,

*доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и цен, Российский государственный экономический университет им. Г.В. Плеханова / Doctor of Economics, Professor of the Chair of Finance and Prices, Russian State University of Economics after G. V. Plekhanov,
nsns25@yandex.ru*

Яламов Георгий Юрьевич / Georgij Y. Yalamov,

*кандидат физико-математических наук, доктор философии в области информатизации образования, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Институт управления образованием Российской академии образования» / Candidate of Physics and Mathematics, Doctor of philosophy in the field of Informatization of education, Leading scientific researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of Management of Education of Russian Academy of Education»,
geo@portalsga.ru*

Аннотация

Рассмотрен методический подход к повышению достоверности тестового контроля результатов обучения в рамках уровневой модели представления знаний, не требующий вероятностных оценок правильного выполнения обучаемыми тестовых заданий. Раскрыта сущность такого подхода, приведены условия его осуществления с использованием дихотомической шкалы измерения. Даны методические рекомендации

по реализации педагогического тестирования на основе предложенного подхода.

Abstract

A methodological approach to increasing the reliability of test control of learning outcomes within the framework of a level model of knowledge representation that does not require probabilistic evaluations of the correct performance of test tasks by students is considered. The essence of this approach is revealed, the con-

ditions of its implementation using a dichotomous scale of measurement are given. Methodical recommendations on the implementation of pedagogical testing on the basis of the proposed approach are given.

Ключевые слова: методические рекомендации, разноуровневое тестирование обучаемого, педагогический тест, достоверность.

Keywords: methodical recommendations, multilevel testing of the student, pedagogical test, reliability.

Если основываться на лингвистике, то под педагогическим тестом, предназначенным для контроля результатов обучения, можно понимать результат кодирования информации по учебной дисциплине в форме, удобной для проверки знаний обучаемого.

Переход к SMART-обучению [16; 17] будет способствовать все более широкому распространению практики педагогического тестирования, которое должно гармонично сочетать в себе три основные функции: диагностическую, обучающую и воспитательную.

К сожалению, добиться гармоничного сочетания указанных функций весьма сложно. Скорее всего, сделать это удастся в ближайшем будущем при помощи искусственного интеллекта. Однако при любом контроле результатов обучения путем педагогического те-

стирования все эти функции имеют место быть, пусть и не в гармоничном сочетании.

В практике образовательных организаций высшего образования педагогическое тестирование осуществляется в основном при дистанционном и интеллектуальном обучении [1]. В очном обучении его применяют при проведении рубежного, промежуточного и итогового форм контроля знаний. Потенциальные преимущества педагогического тестирования перед другими формами педагогического контроля заключаются в широте и скорости диагностирования результатов обучения. Проблемным вопросом, актуальность которого подкреплена результатами вероятностных расчетов [2; 3], является вопрос достоверности тестового контроля результатов обучения.

Во многих работах предлагаемые методические подходы к повышению достоверности тестового контроля результатов обучения основаны на предположении о том, что вероятности правильного выполнения обучаемыми каждого тестового задания известны [4; 5]. Будем называть их подходами *a posteriori* (лат. «Исходя из опыта»).

В таком случае вероятность случайной величины, представляющей собой любой из возможных исходов педагогического тестирования обучаемого, рассчитывается по формуле [2, 6]:

$$W_K = W_{\{Q_i, R_j\}} = \sum_{\{Q_i, R_j\} | Q_i = \{i_1, i_2, \dots, i_m\} \subseteq M; R_j = \{j_1, j_2, \dots, j_{n-m}\} \subseteq M \setminus Q_i} p_{i_1} \cdot p_{i_2} \cdot \dots \cdot p_{i_m} \cdot q_{j_1} \cdot q_{j_2} \cdot \dots \cdot q_{j_{n-m}}, \quad (1)$$

где K – значение случайной величины, представленное в виде двоичного кода, содержащего n двоичных разрядов. Порядковый номер разряда соответствует порядковому номеру тестового задания в педагогическом тесте, а его значение – результату выполнения этого задания обучаемым: 1 – правильно; 0 – непра-

вильно. Этому значению двоичного кода можно поставить во взаимно однозначное соответствие упорядоченную пару множеств $\{Q_i, R_j\}$, где

Q_i – множество тестовых заданий педагогического теста, которые обучаемые выполнили правильно;

$$Q_i = \{i_1, i_2, \dots, i_m\},$$

i_1, i_2, \dots, i_m – порядковые номера тестовых заданий педагогического теста, которые обучаемые выполнили правильно (порядковые номера двоичных разрядов двоичного кода K , содержимое которых равно 1);

R_j – множество тестовых заданий педагогического теста, которые обучаемые выполнили неправильно;

$$R_j = \{j_1, j_2, \dots, j_{n-m}\},$$

j_1, j_2, \dots, j_{n-m} – порядковые номера тестовых заданий педагогического теста, которые обучаемые выполнили неправильно;

$M = Q_i \cup R_j$ – множество порядковых номеров тестовых заданий педагогического теста;

$p_{i_1}; p_{i_2}; \dots; p_{i_m}$ – вероятности того, что тестовые задания педагогического теста с порядковыми номерами i_1, i_2, \dots, i_m соответственно будут выполнены обучаемыми правильно;

$q_{j_1} \cdot q_{j_2} \cdot \dots \cdot q_{j_{n-m}}$ – вероятности того, что тестовые задания педагогического теста с порядковыми номерами j_1, j_2, \dots, j_{n-m} соответственно будут выполнены обучаемыми неправильно.

Общее количество возможных значений случайной величины K равно 2^n .

Ряд распределения вероятностей случайной величины K является исчерпывающей вероятностной характеристикой всех возможных исходов педагогического тестирования обучаемых в случае, когда педагогический тест состоит из разнородных тестовых заданий, то есть таких заданий, которые различаются между собой по вероятностям их выполнения обучаемыми.

Однако при уровне подходе к контролю результатов обучения подбор тестовых заданий для педагогического теста должен быть таким, чтобы тестовые задания можно было бы рассматривать как однородные, то есть различия между ними по вероятностям их выполнения обучаемыми были пренебрежимо малы. Если педагогический тест будет состоять из однородных тестовых

заданий, то есть заданий, для которых справедливы равенства

$$\begin{aligned} p_{i_1} &= p_{i_2} = \dots = p_{i_m} = p; \\ q_{j_1} &= q_{j_2} = \dots = q_{j_{n-m}} = q, \\ m &= 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

В этом случае вместо случайной величины K можно использовать случайную величину m , представляющую собой количество тестовых заданий педагогического теста, выполненных обучаемыми правильно. Эта случайная величина будет распределена по биномиальному закону распределения [6]:

$$P(m) = C_n^m \cdot p^m \cdot q^{n-m}, \quad (2)$$

где $C_n^m = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!}$ – биномиальный коэффициент.

Ряд распределения вероятностей случайной величины m является исчерпывающей вероятностной характеристикой всех возможных исходов педагогического тестирования обучаемых в случае, когда педагогический тест состоит из однородных тестовых заданий, то есть таких заданий.

Из теории вероятностей известно, что биномиальное распределение в случае, когда $n \rightarrow +\infty$, асимптотически приближается к нормальному распределению с плотностью вероятности [6]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma(m) \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{[x-E(m)]^2}{2 \cdot \sigma^2(m)}}, \quad (3)$$

математическим ожиданием

$$E(m) = n \cdot p \quad (4)$$

и средним квадратичным отклонением

$$\sigma(m) = \sqrt{n \cdot p \cdot q}. \quad (5)$$

Распределения вероятностей случайной величины x является исчерпывающей вероятностной характеристикой всех возможных исходов педагогического тестирования обучаемых в случае, когда педагогический тест состоит из большого числа однородных тестовых заданий. При этом принято считать, что различие в результатах расчетов по формулам (2) и (3) незначительно, начиная с $n \geq 30$ [6].

Совокупность распределений (1), (2) и (3) можно рассматривать как три вероятностные модели педагогического

тестирования. С их помощью преподаватель мог бы прогнозировать исходы педагогического тестирования обучаемых и использовать эту информацию для управления процессом обучения. Однако для этого преподаватель должен знать вероятности правильного выполнения обучаемыми каждого тестового задания.

В этой связи рассмотрим одно из таких тестовых заданий педагогического теста. Предположим, что оно будет выполняться обучаемыми с некоторой вероятностью p , значение которой подлежит оценке по результатам проведения N независимых опытов. При этом обучаемый, привлекаемый к такому экспериментальному исследованию, может участвовать только в проведении одного из опытов. Следовательно, для проведения N независимых опытов необходимо участие N обучаемых, которые независимо друг от друга будут последовательно выполнять тестовое задание. Основываясь на данных этой выборки, можно будет оценить значение искомой вероятности \bar{p} .

Возникает вопрос, каков должен быть объем выборки (количество независимых опытов N , а, следовательно, и количество участников эксперимента), чтобы с заданной доверительной вероятностью G можно было ожидать, что частота правильного выполнения данного тестового задания \bar{p} будет отли-

чаться от вероятности этого события p на величину, меньшую ε ?

Из теории вероятностей известно [6], что, если аппроксимировать биномиальное распределение нормальным, то вероятность случайного события, заключающегося в том, что разность между частотой и вероятностью правильного выполнения тестового задания по абсолютной величине будет меньше ε , равна

$$P(|\bar{p} - p| < \varepsilon) = 2 \cdot \Phi\left(\frac{\varepsilon \cdot \sqrt{N}}{\sqrt{p \cdot (1-p)}}\right), \quad (6)$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - функция Лапласа.

Приравняв правую часть равенства (6) доверительной вероятности G , получим

$$2 \cdot \Phi\left(\frac{\varepsilon \cdot \sqrt{N}}{\sqrt{p \cdot (1-p)}}\right) = G. \quad (7)$$

Разрешив уравнение (7) относительно N , имеем

$$N = \frac{p \cdot (1-p)}{\varepsilon^2} \left[\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2} \cdot G\right) \right]^2. \quad (8)$$

Так как $0 \leq p \leq 1$, то значение N , рассчитанное по формуле (8), примет наибольшее значение при $p = \frac{1}{2}$, откуда следует, что

$$N = \frac{1}{4 \cdot \varepsilon^2} \left[\Phi^{-1}\left(\frac{1}{2} \cdot G\right) \right]^2. \quad (9)$$

Результаты расчёта N , проведенные по формуле (9) при различных значениях ε и G , сведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество опытов N , которое необходимо провести для определения значения частоты правильного выполнения тестового задания педагогического теста \bar{p} с доверительной вероятностью G с погрешностью, не превышающей ε

ε	G	
	0,9	0,99
0,01	6800	16600

Из данных табл. 1 следует, что организовать проведение педагогического эксперимента по оценке значений указанных вероятностей с требуемой для практического применения точностью, $\varepsilon = \pm 0,01$, достаточно сложно, а во многих случаях и невозможно.

Необходимый по численности контингент участников педагогического эксперимента можно собрать, если привлечь к этому несколько образовательных организаций общего среднего образования. Но эти образовательные организации осуществляют образователь-

ную деятельность по разным образовательным программам, усилиями разных учителей, у которых разная квалификация, разный опыт работы, разные методики обучения и т. д.

В образовательных организациях высшего образования и этого нет. Минимальные численности контингентов, выпускаемых образовательной организацией по той или иной специальности, могут исчисляться в один – два десятков человек. При таких численностях проведение указанного педагогического эксперимента невозможно.

В этой связи необходимо использовать другие подходы. Будем называть их подходами *a priori* (лат. «На основании ранее известного»). Повысить уровень достоверности тестового контроля результатов обучения можно различными способами.

Система контроля результатов обучения является подсистемой образовательной системы. В этой связи уместно отметить, что первые две буквы мнемонической аббревиатуры «SMART» взяты из английских слов «Specific» (означающего конкретность) и «Measurable» (измеримость). Можно трактовать эти слова по-разному, однако в данном контексте считаем приемлемым понимать под ними «цель обучения» и «результат, каким можно было бы измерить достижение этой цели». В этой связи важно правильно определить целеполагание тестирования как формы контроля результатов обучения, сформировать дерево целей тестирования применительно к каждому занятию, где возможен контроль знаний, и в целом за дисциплину. В простейшем случае это дерево может представлять собой путь, формализуемый в виде следующей последовательности:

$$Z_0(t_0), Z_1(t_1), \dots, Z_i(t_i), \dots, Z_k(t_k), \quad (10)$$

где $Z_i(t_i)$ – цель контроля результатов обучения на момент времени проведения i – го педагогического тестирования t_i .

Здесь важно как всестороннее обоснование каждой цели $Z_i(t_i)$, так и

согласованность всей цепочки целей (10). Все предшествующие цели в этой цепочке должны быть составными частями итоговой цели обучения $Z_k(t_k)$.

В соответствии с целью обучения, в процессе обучения у каждого обучаемого формируется индивидуальная траектория обучения. Эту траекторию можно рассматривать как траекторию развития случайного процесса, а результаты тестирования, получаемые в ходе текущего контроля, как временные срезы данных о текущем (или итоговом) контроле результатов обучения обучаемого:

$$S_0(t_0), S_1(t_1), \dots, S_i(t_i), \dots, S_k(t_k), \quad (11)$$

где $S_i(t_i)$ – срез данных контроля результатов обучения на момент времени проведения i – го педагогического тестирования t_i .

При этом срез данных $S_i(t_i)$ должен позволять оценить полноту достижения цели $Z_i(t_i)$, а также предшествующих ей целей $Z_0(t_0), Z_1(t_1), \dots, Z_{i-1}(t_{i-1})$ в той части, в какой их можно рассматривать как составную часть $Z_i(t_i)$.

Важно также, чтобы временные срезы данных о текущем состоянии обучаемого были сопоставимы между собой, позволяли выявлять пробелы в знаниях на ранних стадиях их образования, их причины и способы их устранения. Уместна аналогия с медициной, когда ранняя диагностика болезни во многих случаях увеличивает эффективность лечения и способствует более быстрому выздоровлению больного. В нашем случае ранний контроль результатов обучения может помочь вовремя выявить и устранить пробелы в знаниях обучаемого, не допуская их разрастания. Учитывая, что речь идет об индивидуальной траектории обучения, было бы желательным, чтобы такой контроль способствовал определению эффективных способов информационного взаимодействия преподавателя с обучаемым, исходя из индивидуальных особенностей последнего.

Конечно, для этого нужны другие автоматизированные системы контроля результатов обучения, позволяющие всесторонне сопоставить в автоматизированном режиме срезы данных о текущем состоянии обучаемого $S_0(t_0), S_1(t_1), \dots, S_i(t_i)$, обеспечив обучающего информацией, позволяющей эффективно «вылечить выявленную болезнь». Однако таких автоматизированных систем контроля результатов обучения пока нет, но технические предпосылки для разработки таких систем имеются.

Существующие системы позволяют в лучшем случае анализировать полученную информацию на уровне описательной статистики. Большая часть из этих систем построена на принципах классического тестирования, предполагающих гомогенный характер тестовых заданий с предопределенной структурой и бинарную логику оценки ответов с выводом результатов в виде количества набранных баллов. Дидактически целесообразное формирование тестов и правильная организация порядка их прохождения при таком подходе позволяет повысить эффективность классического тестирования. Тем не менее, классическое тестирование имеет низкие возможности по оценке глубины и уровня остаточных знаний, слабые средства анализа практической ценности и корректности формулировки тестовых заданий и не предусматривает оценку эффективности используемых методик обучения.

Однако, уже сейчас отдельные имеющиеся системы автоматизированного контроля результатов обучения могут быть использованы не только для диагностики результатов обучения, но и для разбора допущенных обучаемым ошибок при педагогическом тестировании и в других целях. В связи с этим представляет интерес рассмотреть интеллектуальные обучающие системы (далее ИОС), которые сочетают в себе помимо консультационных, управляющих, сопровождающих функций также

и *диагностирующие функции*. Не углубляясь в анализ архитектуры проектируемых и применяемых ИОС, рассмотрим интеллектуальное обучение в интересующем нас ракурсе исследуемой проблемы.

Современные ИОС, используя алгоритмы пошагового обучения, имеют функциональную возможность оценки ответа пользователя по критерию «верно» и «неверно», и, возможно, определения, какие недостающие или неправильные знания могут быть ответственны за ошибку. Предусмотрены подсказки, указывающие на неправильность шага пользователя либо на его дальнейшие действия. При работе интеллектуальных систем диагностирующего типа осуществляется проверка процесса решения пользователя на критерии правильности и завершенности. Проверка этих критериев основана на методе сравнения шагов, заданных системе по умолчанию, с шагами решения пользователя. Кроме того, некоторые ИОС предлагают примеры из успешно решенных ранее схожих задач.

В качестве удачного примера такой системы можно привести систему обучения физике – Andes Physics Tutor [18]. Система реализует пошаговое обучение в области физики с вычислением частных производных, отображает подсказки для студента, проверяет правильность введенной формулы по заданной задаче, проводит измерение прогресса шага решения, проставляет обучаемому оценки за решение. Возможности и алгоритм работы данной системы подробно представлены в [8]. Заметим лишь, что несмотря на определенные дидактические достоинства этой системы, используемый алгоритм проверки правильности решения обучаемого справляется не со всеми шагами его решения и не гарантирует распознавание любого решения из предложенных обучаемым.

Также представляют интерес разработанные комплексные экспертные системы сетевого обучения в системе

дистанционного обучения «Finport Training System» [9]. Как заявлено авторами [9], возможности этой системы – разработка учебных курсов; проведение обучения и аттестации одновременно; анализ результатов и эффективности обучения на основе тестов, разработанных экспертами.

Заслуживает внимания также предлагаемая концепция построения комплексной интеллектуальной системы контроля знаний [10], в которую заложена возможность использования разнообразных средств LMS (Learning Management System) по разработке классических тестов, структурированному хранению тестовых заданий в базах данных, статистическому анализу результатов контроля и их развитого интерфейса в сочетании со специфическими функциями математических пакетов по обработке нечеткой информации. Как показано в [10], был разработан экспериментальный прототип интеллектуальной системы контроля знаний, который включает в том числе программный блок адаптивного тестирования и блок анализа результатов контроля.

Назначение блока адаптивного тестирования – по результатам тестирования формируется оценка (в виде сложного лингвистического высказывания), позволяющая характеризовать глубину познаний обучаемого по текущему учебному материалу и уровень его обученности по пройденным темам, необходимым для осознанного понимания текущей темы. Автор [10] полагает, что «такое представление результатов контроля скажет преподавателю об уровне подготовки студента значительно больше, чем классическая оценка результатов контроля в виде безликого числа баллов».

Назначение блока анализа результатов контроля – на основании анализа входных численных значений результатов прохождения тестовых заданий могут приниматься решения либо о выборе нового задания, уточняющего знания

студента, либо о прекращении контроля знаний с последующим выводом итоговых данных. Анализатор результатов контроля выявляет пробелы в знаниях обучаемого по текущей и ранее изученным темам и дисциплинам. В соответствии с этими пробелами из базы тестовых заданий производится выбор и предъявление обучаемому дополнительного блока вопросов из предметной области с целью восполнить выявленные пробелы в его знаниях.

Результаты контроля сохраняются в базе данных LMS с целью дальнейшего их использования при анализе тестовых вопросов, а также для формирования модели обучаемых – личностных характеристик, выражаемых через лингвистические переменные «образованность» и «ответственность». Переменная «образованность» характеризует степень соответствия текущего уровня знаний и умений обучаемого требованиям образовательных стандартов. Она определяется «как результат логического вывода на множестве правил продукций, условная часть которых является конъюнкцией нечетких высказываний, характеризующих глубину знаний по изученным разделам дисциплины». Переменная «ответственность» позволяет выявить отношение обучаемого к учебе, учитывая степень его подготовки по текущей теме, посещаемость занятий, число обращений к учебному материалу, игнорирование тестирования и т. п. [10].

Заметим, что рассматриваемый в [9] прототип интеллектуальной системы опирается на возможности уже разработанных приложений LMS Moodle и математический пакет расширения MATLAB Fuzzy Logic Toolbox [10], а на момент опубликования статьи был представлен экспериментальный прототип системы. Но мы исходим из предположения, что основные проблемы будущего использования ИОС не могут быть полностью определены на этапе ее проектирования и тестирования, и со временем может выявиться несоответ-

ствие между потребностями их пользователей и возможностями самой системы.

Тем самым, процесс совершенствования автоматизированных систем контроля результатов обучения и интеллектуальных диагностирующих систем идет, пусть и медленнее, чем хотелось бы. Это обусловлено тем, что современные ИОС представляют собой сложную иерархическую систему, состоящую из совокупности взаимодействующих между собой подсистем, каждая из которых решает некоторый определенный класс задач с целью обеспечить оптимальный режим обучения и контроля знаний. Поэтому процесс разработки ИОС требует привлечения различных категорий экспертов с четким разделением их функций и является трудоемким, время- и ресурсозатратным. Тем не менее, на практике зачастую, один человек выполняет функции различных категорий разработчиков. Проблема также усугубляется тем, что необходимо также наличие большого количества разнообразных тестовых заданий, предназначенных для обеспечения контроля знаний обучаемого по широте и глубине [12] в рамках изучаемой учебной дисциплины.

К сожалению, баз тестовых заданий, которые могли бы удовлетворить потребности большинства преподавателей в разностороннем подходе к педагогическому контролю результатов обучения по преподаваемым ими дисциплинам, обеспеченных соответствующими специально адаптированными для этого системами управления базами данных, нет. Причем все предпосылки для создания таких баз тестовых заданий имеются. Более того, в современных условиях назрел переход к использованию в обучении многоцелевых нелинейных мультимедийных баз данных и систем управления [13-16] по преподаваемым дисциплинам, однако осуществление указанных разработок по силам лишь специализированным организациям, а не отдельным преподавате-

лям-энтузиастам, как это имеет место ныне.

Правильность выполнения тестовых занятий можно оценивать в разных шкалах измерения, эти оценки должны иметь содержательную, смысловую интерпретацию и быть соизмеримыми. В этой связи представляется целесообразным оценивать правильность выполнения тестового задания в дихотомической шкале измерения: единица, если это задание выполнено правильно, и ноль – в противном случае. Тогда сумма оценок, полученных обучаемым по результатам выполнения всех тестовых заданий педагогического теста, будет равна количеству правильно выполненных им тестовых заданий. Однако, такой подход уместен, если тестовые задания соизмеримы между собой по сложности их выполнения (необходимой для их выполнения глубине знаний), в противном случае соизмеримость между тестовыми заданиями может быть утрачена. Избежать этого можно, если, к примеру, использовать *уровневый подход* к контролю результатов обучения. В этом случае все тестовые задания должны быть изначально распределены по уровням (глубине требуемых для их выполнения знаний) и определены критерии последовательного перехода с одного (более низкого) уровня знаний на другой (более высокий) уровень знаний. При этом мы рекомендуем обеспечить в базе тестовых заданий наличие примерно равного количества тестовых заданий каждого уровня. Контроль результатов обучения начинается с простых тестовых заданий низшего уровня. При этом переход к выполнению тестовых заданий следующего (более высокого) уровня становится возможным только в том случае, когда результаты выполнения тестовых заданий текущего уровня будут соответствовать критерию перехода с текущего уровня на следующий уровень. Разумеется, обучаемый должен знать эти критерии.

Помимо традиционного контроля знаний по ширине и глубине, должен также осуществляться контроль за формированием у обучаемого системы знаний [7]. В этой связи все тестовые задания должны быть изначально распределены по разделам, темам и учебным вопросам дисциплины, то есть по подсистемам системы знаний первого, второго и третьего уровней. Здесь повторно использован термин «уровень», который может принимать разные значения в случаях распределения знаний по глубине и по подсистемам системы знаний (хотя общее количество уровней в обоих случаях может быть одинаковым, например, трехуровневым).

Тем самым, распределение тестовых заданий должно быть двумерным по глубине знаний и двумерным по подсистемам системы знаний различных уровней. Чем ближе эти распределения к равномерным распределениям, тем проще обеспечить соизмеримость результатов педагогического тестирования.

Помимо базы тестовых заданий, должна быть сформирована база, содержащая результаты контроля знаний конкретного обучаемого и система управления этой базой данных, предназначенная для анализа результатов обучения с различных позиций: с позиции знания обучаемым учебной дисциплины по широте и глубине, с позиции уровня сформированности у обучаемого системы знаний, с позиции выявления у обучаемого пробелов в знаниях и формирования рекомендаций по их устранению обучаемым и контролю за этим со стороны преподавателя, а также с учетом следующих факторов.

Первый заключается в обеспечении валидности тестовых заданий на любом из уровней контроля. Один из способов решения этой задачи может заключаться в выбраковке тестовых заданий, не отвечающих требованию валидности, проводимой экспертным путем.

Второй состоит в том, что данные о выполнении конкретным обучаемым тестовых заданий представляют собой выборку из генеральной совокупности возможных результатов такого контроля результатов обучения. Следовательно, повысить статистическую устойчивость оценок, рассчитанных по таким выборкам, можно, увеличив объем выборки. Из этого следует, что педагогическое тестирование должно проводиться не эпизодически, от случая к случаю, а на *регулярной основе*, с постоянным объемом формируемых выборок. Необходимо шире использовать преимущество тестового контроля, заключающегося в возможности получения существенно большего объема данных об уровне обученности тестируемых, чем при устном опросе при одних и тех же затратах учебного времени. Чем больше объем накопленных выборочных данных, тем выше статистическая устойчивость рассчитанных по ним оценок.

Третий заключается в том, что контроль результатов обучения носит двойственный характер.

С одной стороны, обучаемый может, зная правильное решение тестового задания, дать неправильный ответ на него. И напротив, он может не знать, как решать то или иное тестовое задание, но при этом дать правильный ответ на него.

С другой стороны, преподаватель может и должен сомневаться в том, соответствуют ли данные текущего контроля результатов обучения реальному состоянию знаний обучаемого. Он должен принимать соответствующие меры для того, чтобы ориентировать обучаемых уделять больше внимания и сил изучению преподаваемой им дисциплины. Здесь уместно отметить, что возможности информационных и коммуникационных технологий в обучении не сводятся только к педагогическому тестированию. Они могут использоваться и для контроля условий проведения педагогического тестирования. Устарели

такие формы контроля условий проведения педагогического тестирования, когда преподаватель вынужден постоянно перемещаться по аудитории, наблюдая за тем, чтобы обучаемые не прибегали при решении тестовых заданий к использованию шпаргалок. Все это можно сделать без лишних эмоций, если использовать в аудитории камеры видеонаблюдения, видеозапись с которых доступна преподавателю.

К этому следует добавить, что регулярно проводимый текущий тестовый контроль результатов обучения позволяет преподавателю получить достаточно большой объем данных. Автоматизированная статистическая обработка этих данных способна дать преподавателю необходимую информацию для существенного повышения эффективности управления процессом обучения.

Все вышеизложенное определяет актуальность применения следующих методических рекомендаций по тестовому контролю результатов обучения, при котором педагогически целесообразно:

1. Применять тестовый контроль на всех занятиях, где он возможен в рамках учебного процесса.
2. Использовать уровневый контроль состояния знаний обучаемого, основанный на двумерном распределении

тестовых заданий по широте и глубине знаний.

3. Обеспечить необходимое количество разнообразных тестовых, разноуровневых заданий для повышения достоверности педагогического тестирования.

4. Сочетать уровневый контроль знаний обучаемого по широте и глубине с уровневым контролем сформированности у обучаемого системы знаний. Такой комплексный контроль рекомендуется реализовать, опираясь на двумерное распределение тестовых заданий по подсистемам системы знаний первого, второго и последующих уровней.

5. Обеспечивать валидность тестовых заданий на любом из уровней контроля путем их выбраковки, проводимой экспертным путем.

6. Автоматизировать статистическую обработку данных тестового контроля в целях получения информации, необходимой для существенного повышения эффективности управления процессом обучения.

Статья подготовлена в рамках выполнения ФГБНУ «ИУО РАО» государственного задания на тему «Развитие информатизации образования в контексте информационной безопасности личности».

Литература

1. Яламов Г.Ю. Условия интеллектуализации цифровой образовательной среды / Г.Ю. Яламов // Электронный научно-образовательный журнал «Грани познания». – 2019. – № 2(61). – С. 115-118.
2. Сердюков В.И. О количественном оценивании достоверности результатов автоматизированного контроля знаний / В.И. Сердюков // Информатика и образование. – 2010. – №3. – С. 39-43.
3. Сердюков В.И. О количественном оценивании достоверности результатов мониторинга знаний студентов / В.И. Сердюков, А.С. Куракин // Педагогическая информатика. – 2011. – №6. – С. 38-44.
4. Ахметжанова Г.В. Применение методов математической статистики в психолого-педагогических исследованиях: [электронное учебное пособие] / Г. В. Ахметжанова, И. В. Антонова. – Тольятти: ТГУ, 2016. – 1 оптический диск.

5. Симчера В.М. Методы многомерного анализа статистических данных: учебное пособие / В.М. Симчера. – Москва: Финансы и статистика, 2008. – 400 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей : учебник. / Е. С. Вентцель. – М.: ЮСТИЦИЯ, 2018. – 658 с.
7. Мандель Б.Р. Современная педагогическая психология. Полный курс: Учебное пособие для студентов всех форм обучения / Б.Р. Мандель.– Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 828 с.
8. Алешева Л.Н. Интеллектуальные обучающие системы / Л.Н. Алешева // Вестник университета. – 2018.– № 1. – С. 149-155.
9. Зубов А.В., Денисова Т.С. Создание комплексных экспертных Интернет-систем для дистанционного обучения / А.В. Зубов, С.Г. Денисова // Информатизация образования и науки. – 2010. – №1(5). – С. 172-182.
10. Ветринский Ю.А. Концепция интеллектуальной системы контроля результатов обучения на базе штатной LMS / Ю.А. Ветринский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 6-2. – С. 179-183.
11. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
12. Steinmetz, R., Nahrstedt, K. Multimedia Systems. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – Information Systems and Applications. – 2004. – 326 p.
13. Apers, P.M., Blanken, H.M., Houtsma, M.A. W. Multimedia Database in Perspective. – Springer-Verlag London Limited. – Information Systems and Applications. – 1997. – 404 p.
14. Tsihrintzis, G.A. Multimedia Services in Intelligent Environments. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – Computational Intelligence and Complexity. – 2008. – 326 p.
15. Petrushin, V.A., Khan, L. Multimedia Data Mining and Knowledge Discovery. – Springer-Verlag. – Information Systems and Applications. – 2007. – 508 p.
16. Doran, G.T. There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. Management Review. – 1981. – Volume 70. – Issue 11 (AMA FORUM). – pp. 35-36.
17. Serdyukova, N.A., Serdyukov, V.I. Algebraic Formalization of Smart Systems. Theory and Practice / Smart Innovation, Systems and Technologies. – Springer, 2018. – 189 p.
18. The Andes Physics Tutor. Available at: <http://www.andestutor.org/> (Accessed: 17 December 2019).

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.
ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЛАТЕНТНЫХ
ПАРАМЕТРОВ**

**MODELING OF THE EDUCATIONAL
PROCESS. NUMERICAL CHARACTERISTICS OF LATENT PARAMETERS
EVALUATION METHODS**

*Карнаухов Вячеслав Михайлович / Viacheslav M. Karnaukhov,
доцент, к.ф.-м.н., Российский государственный аграрный университет, кафедра выс-
шей математики / Assistant professor, Russian State agrarian University,
chair of higher mathematics,
karnauhov.60@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены числовые характеристики методов оценки латентных параметров тестирования. Предложенные параметры отражают различные свойства методов. Рассмотрены следующие характеристики: сила метода (математическое ожидание абсолютной погрешности оценки), слабость метода (наибольшая абсолютная погрешность оценки), точность метода (доля оценок, абсолютная погрешность которых не выходит за пределы разрешающей способности теста), порядок метода (доля тех оценок, для которых “почти” сохранен порядок на шкале латентных параметров). Эти параметры реализованы в программе, написанной на языке Turbo Pascal, базовом языке среды программирования Delphi. В конце предлагается упражнение для самостоятельного исполнения, позволяющее закрепить изложенный учебный материал.

Abstract

The article describes the numerical characteristics of the methods for evaluation of the latent parameters of testing. The proposed parameters reflect various properties of the methods. The following characteristics are considered: the power of the method (mathematical expectation of the absolute error of the evaluation), the weakness of the method (the highest absolute er-

ror of the evaluation), the exact of method (the fraction of evaluations whose absolute error is not beyond the test resolution), the order of method (the fraction of those evaluations for which the order on the latent parameter scale is” almost “ preserved). These parameters are implemented in a program written in Turbo Pascal, the base language of the Delphi programming environment. At the end the exercise for self-execution, allowing to consolidate the stated training material, is offered.

Ключевые слова: моделирование, учебный процесс, тестирование, латентные параметры, оценка, погрешность.

Keywords: modeling, training process, testing, latent parameters, evaluation, error.

Введение

В предыдущих статьях [3]-[5] автором были рассмотрены такие этапы моделирования тестирования, как

– определение истинных уровней латентных параметров: уровней подготовленности учащихся и уровней трудности заданий теста;

– моделирование опроса, т.е. решение учащимися заданий теста, причем были рассмотрены различные схемы тестирования, как дихотомические, так и политомические;

– преобразование первичных баллов, заработанных учащимися на тестировании, в тестовые (оценки латентных параметров) при помощи известных методов, таких как метод логарифма Раша и метод шкалирования, используемого на ЕГЭ.

При этом оценки латентных параметров (тестовые баллы), естественно, имеют некоторую погрешность. Эта погрешность может быть выражена при помощи различных числовых характеристик, отражающих определенные свойства полученных оценок. В этой статье

- даются четкие математические определения этих числовых параметров;
- обсуждаются свойства методов, которые описываются этими характеристиками;
- подробно разбираются основные моменты программы, в которой используются два метода – метод логарифма Раша и контрольный метод сравнивают-

ся при помощи рассматриваемых в этой работе числовых параметров;

– в конце статьи читателю выдается упражнение для самостоятельного выполнения.

Методы оценки латентных параметров тестирования

В качестве контрольного метода будет рассмотрен метод, состоящий в реализации следующего алгоритма.

- 1) Вычисление первичного балла B (см. [4])
- 2) Оценка латентного параметра уровня подготовленности учащегося по формуле

$$\tilde{\theta} = \frac{B}{B_{\max}} \cdot 100\% , \text{ где } B_{\max} -$$

максимально возможное число баллов.

Напомним, что метод логарифма Раша (см. [5]) состоит в использовании следующих формул:

$$\bar{\theta}_i = \ln \left(\frac{i}{K-i} \cdot K_1 \right) , \text{ причем } K_1 = \frac{\sum_{r=0}^K (K-r) \cdot N_r}{\sum_{r=0}^K r \cdot N_r} , \quad i = 1, \dots, K-1, \quad \bar{\theta}_0 = -\theta_{\max} ,$$

$$\bar{\theta}_K = \theta_{\max} ,$$

где $\bar{\theta}_i$ – оценка уровня (в логитах) подготовленности учащегося, набравшего i баллов;
 i – число набранных учащимся баллов;
 K – максимально возможное количество баллов на данном тестировании;
 N_r – число учащихся, набравших r баллов;
 $\theta_{\max} = 5$ (считается, что диапазон изменения латентных параметров тестирования задается интервалом $(-5; 5)$).

Используя связь логита с процентным логитом в виде формулы:

$$\theta\% = \frac{\theta + \theta_{\max}}{2 \cdot \theta_{\max}} \cdot 100\% ,$$

получим значение уровня подготовленности на процентной шкале.

Числовые характеристики методов (кратко)

Для определения точности оценок рассмотрим следующие числовые характеристики метода тестирования:

- сила метода Power (усредненное по количеству оценок отклонение оценки от истинного значения);
- слабость метода Weak (максимальное отклонение оценки от его истинного значения);

– точность метода Exact, показывающая процент оценок, погрешность которых выходит за пределы величины РСТ (РСТ – разрешающая способность теста, см. ниже);

– порядок метода Order, показывающий насколько система тестирования сохраняет порядок расположения латентных параметров.

Числовые характеристики методов (подробно)

Дадим подробное описание выше упомянутых параметров.

Предположим, что в результате использования определенного метода были получены оценки $\bar{\theta}_i$, $\bar{\delta}_j$ латентных параметров θ_i , δ_j уровней подготовленности учащихся и уровней трудности заданий, соответственно.

Определение 1: Величина $Power = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\theta_i - \tilde{\theta}_i|$ называется силой метода по уровню подготовленности участников.

Это число характеризует среднюю абсолютную погрешность. Чем меньше эта характеристика, тем “сильнее” метод.

Определение 2: Величина $Weak = \max_{i=1, \dots, n} |\theta_i - \tilde{\theta}_i|$ называется слабостью метода по уровню подготовленности участников.

Чем больше эта характеристика, тем большую погрешность допускает этот метод, и, следовательно, “слабее” метод.

Определение 3: Величина

$$Exact = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{i,РСТ},$$

где

$$\delta_{i,РСТ} = \begin{cases} 1 & , \text{ если } |\theta_i - \tilde{\theta}_i| \leq РСТ \\ 0 & , \text{ если } |\theta_i - \tilde{\theta}_i| > РСТ \end{cases}$$

n – число учащихся, принимающих участие в тестировании, называется точностью метода по уровню подготовленности участников.

Этот параметр показывает, какой процент оценок не выходит за пределы РСТ (долю точных оценок). Чем больше этот параметр, тем эффективнее метод. В качестве максимального отклонения было выбрано значение РСТ по причине того, что РСТ можно интерпретировать как усредненную цену деления шкалы, на которой измеряются латентные параметры. Поэтому РСТ – максимально возможная разность между точным значением параметра и его оценкой, при которой θ_i и $\bar{\theta}_i$ после округления могут иметь одинаковые значения на данной шкале (см. рис. 1). Как показано в исследованиях по этой тематике, для уровней трудности заданий $РСТ \approx \frac{7}{nzad}$

, а для уровней трудности заданий $РСТ \approx \frac{7}{nstud}$,

где $nstud$ – число учащихся на тестировании, $nzad$ – число заданий в тесте.

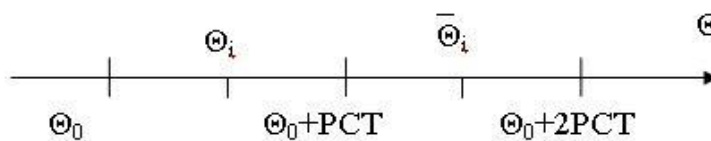


Рис.1. Возможное расположение значений θ_i , $\bar{\theta}_i$ на шкале, при котором их округленные значения будут совпадать

Переходим к последней числовой характеристике. Если некоторую числовую последовательность расположить по убыванию, то для каждого числа этой последовательности можно определить номер, указывающий место в упорядоченной последовательности, считая слева направо, т.е. по убыванию. Этот номер будем называть порядком i -го члена последовательности и обозначать $por(i)$.

Например, $4, 2, 5, -3, 1$ - числовая последовательность из пяти членов. Расположим по убыванию: $5, 4, 2, 1, -3$. Поэтому $por(1)=2$, $por(2)=3$, $por(3)=1$, $por(4)=5$, $por(5)=4$.

Определение 4: Величина $Order = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{i,\varepsilon}$, где $\delta_{i,\varepsilon} = \begin{cases} 1, & \text{если } |por(i) - \overline{por}(i)| \leq \frac{\varepsilon}{100} n \\ 0, & \text{если } |por(i) - \overline{por}(i)| > \frac{\varepsilon}{100} n \end{cases}$

где $por(i)$ - порядок истинного уровня подготовленности i -го участника,

$\overline{por}(i)$ - порядок оценки уровня подготовленности i -го участника, называется порядком метода с уровнем надежности ε по уровню подготовленности участников.

Данный параметр показывает процент участников, для которых "сохраняется место в упорядоченной последовательности с ε %-ой погрешностью". Для величины ε рекомендуются следующие значения: $\varepsilon=1\%$, 3% , 5% . Эта характеристика очень важна для объективного размещения участников тестирования в итоговой таблице (например, при проведении олимпиады). Если $\varepsilon=5\%$, $n=100$ и i -ый участник, имеющий

истинное положение в "табеле о рангах" $por(i)=10$, сохраняет свое положение с надежностью ε , то в итоговой таблице он будет занимать место из интервала $(5, 15)$.

Аналогично определяются числовые характеристики: Power, Weak, Exact, Order, по уровню трудности заданий.

Упражнение 1

Предположим, что латентные параметры тестирования (ЕГЭ): X - уровень подготовленности учащихся и Y_j , $j=1, \dots, 19$, - уровни трудности заданий теста, распределены по нормальным законам:

$$X \sim N(50, 10),$$

$$Y_j \sim N(40, 5), j=1, \dots, 8,$$

$$Y_j \sim N(60, 1), j=9, \dots, 12,$$

$$Y_j \sim N(65, 1), j=13, \dots, 15,$$

$$Y_j \sim N(70, 1), j=16, \dots, 17,$$

$$Y_j \sim N(75, 1), j=18, \dots, 19.$$

При этом количества баллов, начисляемых за успешное решение этих задач, следующие:

$$V_{maxj=1}, j=1, \dots, 12,$$

$$V_{maxj=2}, j=13, \dots, 15,$$

$$V_{maxj=3}, j=16, \dots, 17,$$

$$V_{maxj=4}, j=18, \dots, 19.$$

В тестировании принимает участие 100 учащихся (количество выпускников в одной обычной школе). Выполнить ряд действий:

- 1) найти оценки истинных уровней подготовленности участников тестирования, используя контрольный метод и метод логарифма Раша;
- 2) вычислить числовые характеристики контрольного метода и метода логарифма Раша;
- 3) осуществить сравнительный анализ эффективности двух исследуемых методов.

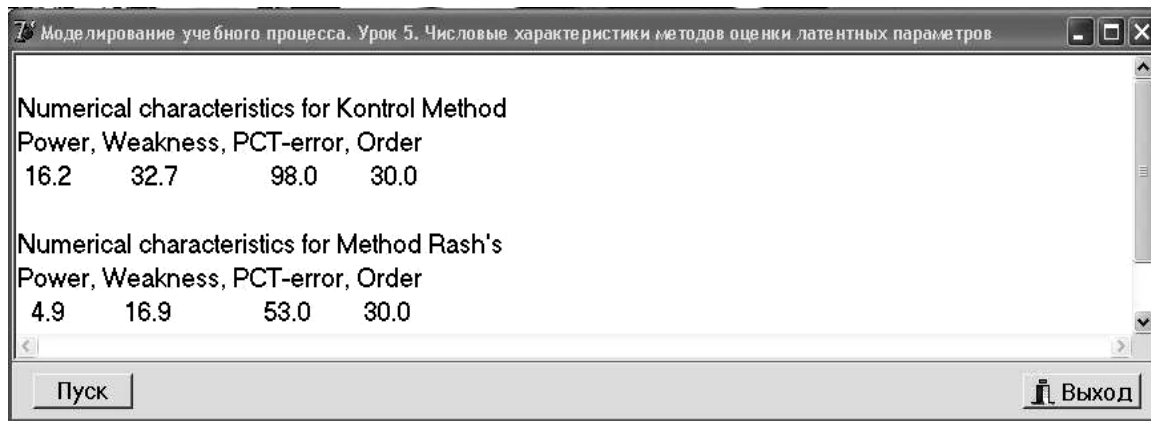


Рис. 2. Форма для вывода результатов

Решение

Для выполнения упражнения была разработана программа в среде Delphi, блоки из которой приведены ниже (табл.1-3), а основная форма для вывода результатов на рис. 2.

В данном упражнении используется политомическая модель тестирования №3 (для ЕГЭ, [2], [4]), определяемая следующим рядом распределения для количества баллов, получаемых учащимся при решении одного задания теста (m – максимальное число баллов):

x_i	0	1	2	...	M
p_i	q	p/m	p/m	...	p/m

где p – вероятность решения задачи, вычисленная по формуле

$$p = \frac{1}{1 + e^{-\frac{\theta_{\max}(\theta\% - \delta\%)}{50}}}$$

$q = 1 - p$ (см. [1])

Получить реализацию этой дискретной случайной величины можно с помощью формулы:

$$B = \begin{cases} 0, & r \geq p \\ \left[\frac{r \cdot m}{p} \right] + 1, & r < p \end{cases}$$

где r – случайное число на интервале (0, 1), полученное при помощи датчика *random*.

Такая модель опроса используется, например, в ЕГЭ при решении заданий группы В ($m=1$) и группы С ($m=2,3,4$).

Таблица 1

Подпрограмма, вычисляющая числовые характеристики методов: Power, Weak, Exact.

```

procedure analis(var maxsigm,sigma,rstfor,porfor: ar2);
Const minr=-1000; rst=7/numzad*b100/(2*maxlat);
var i,j,k: integer; r,rr: real;
begin (* Вычисление наибольшего отклонения Weak *)
  for k:=0 to 1 do
  begin r:=minr; j:=0;
    for i:=1 to numstud do
    begin rr:=abs(tet[i]-ocenki[k,i]); if rr>r then begin j:=i; r:=rr end
  
```

```

        end; maxsigm[k]:=r
    end; (* Вычисление средней погрешности Power *)
    for k:=0 to 1 do
    begin sigma[k]:=0;
        for i:=1 to numstud do sigma[k]:=sigma[k]+abs(tet[i]-ocenki[k,i]);
        sigma[k]:=sigma[k]/numstud
    end; (* Вычисление процента точных оценок Exact *)
    for k:=0 to 1 do
    begin j:=0; for i:=1 to numstud do if abs(tet[i]-ocenki[k,i])<=rst then j:=j+1;
        rstfor[k]:=j/numstud*b100
    end; (* Вычисление процента нарушения ранжирования объектов Order*)
    porfor[0]:=poradok(0);
    porfor[1]:=poradok(1)
end;

```

Комментарий к программному блоку таблицы 1.

1) Программный блок, приведенный в таблице 1, вычисляет три числовые характеристики двух методов за один эксперимент.

2) Внешние данные, используемые в процедуре:

Const $b100=100$ – постоянная, равная 100, необходимая для реализации алгоритма;

$maxlat=5$ – максимум значений латентных параметров тестирования;

$numstud:=100$ – число учащихся, принимающих участие в тестировании.

3) Величина константы: $rst=3,68\%$ (можно считать, что уровни подготовленности, отличающиеся на эту величину, совпадают)

Таблица 2

Подпрограмма-функция вычисления параметра Order

```

function poradok(nom: byte): real;
type
    tpmas=record ms: real; (*значение уровня подготовленности*)
    nn: integer; (*номер уровня подг-ти в упоряд/ массиве*)
    bl: boolean; (*признак попадания уровня в упорядоченный массив*)
end;
Const por=5; var nms,i,j,k: integer; rr: real;
(*массивы латентных параметров и их оценок*)
mas,mass: array[1..numstud] of tpmas;
begin nms:=numstud;
    (*формирование массивов латентных параметров и их оценок*)
    case nom of
    0: for i:=1 to nms do begin mas[i].ms:=tet[i]; mass[i].ms:=ocenki[0,i] end;
    1: for i:=1 to nms do begin mas[i].ms:=tet[i]; mass[i].ms:=ocenki[1,i] end;
    end; for i:=1 to nms do begin mas[i].bl:=true; mass[i].bl:=true end;
    (* упорядочивание массива истинных значений латентных параметров*)
    for k:=1 to nms do
    begin j:=0; rr:=minr;
        for i:=1 to nms do
            if mas[i].bl and (mas[i].ms>rr) then begin j:=i; rr:=mas[i].ms end;
            mas[j].nn:=k; mas[j].bl:=false

```

```

end; (*упорядочивание массива оценок*)
for k:=1 to nms do
begin j:=0; rr:=minr;
  for i:=1 to nms do
    if mass[i].bl and (mass[i].ms>rr) then begin j:=i; rr:=mass[i].ms end;
    mass[j].nn:=k; mass[j].bl:=false
  end; (* вычисление значение параметра Order *)
  k:=0; for i:=1 to nms do
    if abs(mas[i].nn-mass[i].nn)/nms*b100<por then k:=k+1;
  poradok:=k/nms*b100
end;

```

Комментарий к программному блоку таблицы 2.

1) Ключевым алгоритмом в данном блоке является алгоритм упорядочива-

ния массива латентных параметров и массива оценок.

Таблица 3

Основная программа, задающая начальные данные и выводящая на печать результаты

```

begin randomize;
  opros;
  analis(maxsigm,sigma,rstfor,porfor);
  for k:=0 to 1 do
  begin str2:=""; str(sigma[k]:5:1,str0);
    str2:=str2+str0+' '; str(maxsigm[k]:9:1,str0);
    str2:=str2+str0+' '; str(rstfor[k]:9:1,str0);
    str2:=str2+str0+' '; str(porfor[k]:6:1,str0); str2:=str2+str0;
    case k of
    0: begin memo1.lines.add('Numerical characteristics for Kontrol Method');
        memo1.lines.add('Power, Weak, Exact, Order');
        writeln(f,'Numerical characteristics for Kontrol Method');
        writeln(f,'Power, Weak, Exact, Order')
      end;
    1: begin memo1.lines.add('Numerical characteristics for Method Rash"s');
        memo1.lines.add('Power, Weak, Exact, Order');
        writeln(f,'Numerical characteristics for Method Rash"s');
        writeln(f,'Power, Weak, Exact, Order')
      end
    end; memo1.lines.add(str2); memo1.lines.add(""); writeln(f,str2); writeln(f)
  end
end;
procedure TForm1.fileclose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin closefile(f) end;
procedure TForm1.openfile(Sender: TObject);
begin assignfile(f,'latpar.dat'); rewrite(f) end;
end.

```

Комментарий к программному блоку таблицы 3.

1) Переменные: maxsigm, sigma, rstfor, porfor, задающие значения введенных ранее

числовых характеристик двух методов, представляют собой массивы типа:

type ar2=array[0..1] of real;
maxsigm,sigma,rstfor,porfor: ar2;

2) Последние две процедуры необходимы для того, чтобы результаты работы программы за несколько циклов попадали в записываемый текстовый файл.

Результаты

1) Значения параметра Power контрольного метода и метода логарифма Раша для 5-ти реализаций:

2)

Метод \ №	1	2	3	4	5
Контрольный	15,6	16,6	15,3	15,8	17,0
МЛР	5,2	4,9	4,7	6,1	4,2

3) Значения параметра Weak контрольного метода и метода логарифма Раша для 5-ти реализаций:

4)

Метод \ №	1	2	3	4	5
Контрольный	28,9	34,3	30,4	28,8	32,6
МЛР	15,8	15,1	19,9	20,2	13,0

5) Значения параметра Exact контрольного метода и метода логарифма Раша для 5-ти реализаций:

б)

Метод \ №	1	2	3	4	5
Контрольный	95,0	97,0	94,0	96,0	98,0
МЛР	57,0	52,0	47,0	68,0	48,0

7) Значения параметра Order контрольного метода и метода логарифма Раша для 5-ти реализаций:

Метод \ №	1	2	3	4	5
Контрольный	25,0	33,0	35,0	17,0	28,0
МЛР	25,0	33,0	35,0	17,0	28,0

Комментарий

1) Из 1-ой таблицы результатов видно, что в среднем контрольный метод дает погрешность 16,1%, метод МЛР – 5%. Более, чем трехкратный выигрыш у МЛР.

2) Из 2-ой таблицы результатов видно, что в среднем абсолютная погрешность для контрольного метода достигает 32%, для МЛР – 16,8% (2-кратное превосходство). Как показывают исследования в этой области, большие погрешности образуются за счет экстремальных уровней подготовленности (экстремальным уровнем считается тот, который решает все задания теста,

и тот, который не справляется ни с одним заданием теста). В следующих уроках мы вернемся к этой проблеме и постараемся ее решить.

3) Из 3-ей таблицы результатов видно, что в среднем Exact для контрольного метода равен 96%, а для МЛР – 54,4%. Это говорит о том, что контрольный метод “не изменяет истинный уровень подготовленности” учащегося лишь для 4% учащихся, а МЛР – для 45,6% учащихся (11-кратное превосходство).

4) Из 4-ой таблицы результатов видно, что для обоих методов порядок расположения респондентов не наруша-

ется в среднем для 27,6% учащихся. Одинаковость обоих методов объясняется тем, что оба метода для получения оценок латентных параметров используют первичные баллы, набранные учащимися на тестировании. Контрольный метод использует линейное преобразование первичных баллов, которое является строго возрастающим, а метод МЛР большему первичному баллу ставит в соответствие больший уровень, что видно из знака производной:

$$\bar{\theta}_i' = \left(\ln \left(\frac{i}{K-i} K \right) \right)' = \frac{K}{i(K-i)} > 0$$

Для любых неэкстремальных уровней подготовленности $i \neq 0, K$.

Упражнение для самостоятельного выполнения

Упражнение 2. Предположим, что латентные параметры тестирования (ЕГЭ): X – уровень подготовленности учащихся и $Y_j, j=1, \dots, 19$ – уровни трудности заданий теста, распределены по нормальным законам:

$$X \sim N(50, 10),$$

$$Y_j \sim N(40, 5), j=1, \dots, 8,$$

$$Y_j \sim N(60, 1), j=9, \dots, 12,$$

$$Y_j \sim N(65, 1), j=13, \dots, 15,$$

$$Y_j \sim N(70, 1), j=16, \dots, 17,$$

$$Y_j \sim N(75, 1), j=18, \dots, 19.$$

При этом количества баллов, начисляемых за успешное решение этих задач следующие:

$$V_{max_j=1}, j=1, \dots, 12,$$

$$V_{max_j=2}, j=13, \dots, 15,$$

$$V_{max_j=3}, j=16, \dots, 17,$$

$$V_{max_j=4}, j=18, \dots, 19.$$

В тестировании принимает участие 100 учащихся (количество выпускников в одной обычной школе). Выполнить ряд действий:

- 1) найти оценки истинных уровней подготовленности участников тестирования, используя метод логарифма Раша (МЛР) и модифицированный метод шкалирования (ММШ);
- 2) вычислить числовые характеристики используемых методов;
- 3) осуществить сравнительный анализ эффективности ММШ и МЛР.

Выводы

1. Введенные в этой статье числовые характеристики имеют практическую значимость.
2. Разработаны алгоритмы, выраженные на языке программирования Паскаль, для отыскания всех рассмотренных числовых параметров.
3. Метод логарифма Раша, как метод преобразования первичных баллов в тестовые, показал высокие качественные показатели, выраженные в найденных числовых характеристиках, что особенно заметно при сравнении с контрольным методом.

Литература

1. Карнаухов В.М. От модели игры к модели Раша // Информатизация образования и науки. – 2014. – №4(24). – С. 61-69.
2. Карнаухов В.М. Современные методы оценки уровня подготовленности учащегося // Монография. Москва, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, 2017. – 169 с.
3. Карнаухов В.М. Моделирование учебного процесса. Латентные параметры тестирования // Информатизация образования и науки. – 2018. – №4(40). – С. 105-115.
4. Карнаухов В.М. Моделирование учебного процесса. Модели тестирования // Информатизация образования и науки. – 2019. – №1(41). – С. 83-93.
5. Карнаухов В.М. Моделирование учебного процесса. Оценки латентных параметров: метод логарифма Раша // Информатизация образования и науки. – 2019. – №2(42). – С. 68-76.

АНАЛИЗ СОСТАВА И ПАРАМЕТРОВ ВЫБОРОК СТУДЕНТОВ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ ИХ ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ

ANALYSIS OF THE COMPOSITION AND PARAMETERS OF SAMPLES OF STUDENTS IN DIFFERENT AREAS OF TRAINING ON THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF THEIR PERSONAL QUALITIES

Елисеев Иван Николаевич / Ivan N. Eliseev,

профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Ростовской обл. / professor, M. I. Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Rostov region

Ларина Тамара Николаевна / Tamara N. Larina,

доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону / associate professor, Don state technical university, Rostov-on-don

Елисеев Игорь Иванович / Igor I. Eliseev,

аспирант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону / graduate student, Don state technical university, Rostov-on-don, eliseev.ivann@yandex.ru

Аннотация

В статье исследуется связь между развитием личностных качеств студентов и направлением подготовки, по которому они проходят обучение. Для проведения исследований использовался опросник Л.П. Калининского «Профиль личностных свойств». Свидетельством отсутствия указанной связи является однородность выборок студентов разных направлений подготовки (НП). В исследованиях использовались 2 выборки студентов: технических НП (первая выборка) и экономических НП (вторая выборка). Проверялась однородность как выборок в целом, так и выборок для каждого из октантов опросника Л.П. Калининского. Показано, что выборки для октантов могут быть неоднородными, что является свидетельством связи между уровнем развития соответствующего личностного качества студента и направлением подготовки. Поэтому объединение студентов первой и второй выборок в одну общую выборку

может исказить результаты оценки развития их отдельных личностных качеств, а, следовательно, и тех общекультурных компетенций, которые базируются на использовании этих качеств. Выборки студентов для исследования их личностных качеств необходимо формировать исходя из направлений подготовки.

Abstract

The article examines the relationship between the development of personal qualities of students and the direction of training in which they are trained. L. P. Kalininsky's question-naire "Profile of personal properties" was used for the study. Evidence of the absence of this relationship is the homogeneity of samples of students of different areas of training (AT). The studies used 2 samples of students: technical AT (first sample) and economic AT (second sample). The homogeneity of both samples as a whole and samples for each of the octants of L. P. Kalininsky's questionnaire was checked. It is shown that

the samples for octants can be heterogeneous, which is evidence of the relationship between the level of development of the corresponding personal quality of the student and the direction of training. Therefore, combining students of the first and second samples into one general sample can distort the results of the evaluation of the development of their individual personal qualities, and, consequently, those general cultural competencies that are based on the use of these qualities. Samples of students for the study of their personal qualities should be formed based on the areas of training.

Ключевые слова: личностное качество студента, уровень развития личностного качества, общекультурные компетенции, однородность выборки, опросник.

Keywords: student's personal quality, the level of development of personal qualities, general cultural competences, the homogeneity of the sample, questionnaire.

Постановка задачи

В работах [1, 2] показано, что для получения надёжных формализованных оценок уровня сформированности личностно ориентированных общекультурных компетенций (ОК) студентов можно использовать современные качественные анкеты и опросники, которые применяют для исследования личностных качеств респондентов в психологии и социологии. Качество формализованных оценок будет существенно зависеть от надёжности входных данных, которые получают в процессе анкетирования или тестирования студентов. Для её обеспечения необходимо корректно с точки зрения математической статистики сформировать выборку анкетированных студентов. Одним из важных требований к такой выборке является её однородность, которая достигается путём отбора в её состав таких студентов, уровень развития исследуемых личностных качеств которых соответствует одному и тому же закону распределения

с определёнными единичными для всей выборки параметрами.

Однородность двух разных выборок означает, что они одинаково распределены, то есть выбраны из одного и того же распределения. Неоднородные выборки описываются разными законами распределения, которые различаются или только параметрами при одном и том же виде, или параметрами распределения и видом. Отсутствие однородности (в частности, наличие двух центров распределения) приводит к значительным трудностям при обработке полученных в процессе анкетирования студентов входных данных, искажению их математического описания и неверной интерпретации.

Нами была принята гипотеза, заключающаяся в том, что уровень развития личностных качеств студентов зависит от направления подготовки, по которому обучаются студенты. Например, следует ожидать, что такие личностные качества, как деловитость, зависимость, конформность будут выражены у студентов технических направлений подготовки и у студентов-гуманитариев в среднем в разной степени.

Целью статьи является исследование с помощью опросника Л.П. Калининского «Профиль личностных свойств» [3] параметров личностных качеств студентов технических и экономических направлений подготовки, их сравнительный анализ и сравнение качественного состава выборок студентов.

Выбор опросника Л.П. Калининского в качестве диагностического средства, обеспечивающего получение входных данных об уровне развития личностных качеств студентов обусловлен тем, что с помощью входящих в его состав индикаторов можно исследовать уровень сформированности личностно ориентированных общекультурных компетенций студентов [1, 2], предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) ВО.

Методика исследования

Опросник Калининского «Профиль личностных свойств» [3] состоит из 150 индикаторов для проверки уровня развития 10 личностных качеств студентов и шкалы проверки достоверности ответов, представленной индикаторами с 151 по 160. С помощью каждого из 15 наборов индикаторов, на которые разбиты 150 индикаторов опросника по 10 октантам, оценивается уровень развития 10 личностных качеств участников анкетирования: «целеустремлённость», «деловитость», «лидерство», «уверенность в себе», «требовательность», «настойчивость», «уступчивость», «зависимость», «конформность», «отзывчивость». Для интерпретации степени развития каждого из качеств используется 4 зоны (категории): номинальная (0-3 балла) – качество развито очень слабо (практически отсутствует); потенциальная (4-7 баллов) – качество есть, но развито слабо; перспективная (8-11 баллов) – качество развито оптимально; суперзона (12-15 баллов) – чрезмерная выраженность качества, являющаяся признаком трудности социальной адаптации. Ответ «да» на каждый из индикаторов считается положительным и оценивается единицей, ответ «нет» – отрицательным и оценивается нулём.

Обработку результатов анкетирования начинают с проверки достоверности ответов студентов на индикаторы 151-160 шкалы достоверности. Достоверными считаются ответы «да» на нечётные индикаторы шкалы достоверности и ответы «нет» на чётные. Результаты анкетирования признаются правдивыми, если при ответах на индикаторы 151-160 студент допустил не более 4 недостоверных ответов. Участники анкетирования с 5 и более недостоверными ответами из дальнейшей обработки исключаются. Для каждого из оставшихся студентов подсчитыва-

ется количество положительных ответов по каждому из октантов x_{ik} (индивидуальный балл i -го студента по k -му октанту) и по всему опроснику в целом X_i .

В анкетировании принимали участие 2 выборки студентов–бакалавров высших учебных заведений Южного федерального округа. Первая выборка объёмом 250 человек была представлена студентами технических направлений подготовки. В состав второй выборки объёмом 135 человек вошли студенты экономических специальностей. После проверки достоверности результатов анкетирования объём первой выборки снизился до 227 студентов, второй – до 113. В дальнейшем для удобства обработки результаты анкетирования были представлены в виде двух общих матриц анкетирования (первая – размером 227x150, вторая размером 113x150), десяти матриц анкетирования размером 227x15 для 10 октантов первой выборки и десяти матриц анкетирования размером 113x15 для 10 октантов второй выборки. В качестве формализованных оценок уровня развития личностных качеств студента использовались его индивидуальные баллы по каждому из октантов x_{ik} (i – номер анкетизируемого, k – номер октанта) и суммарный индивидуальный балл по всем октантам X_i . Обработка результатов анкетирования проводилась с помощью программного комплекса RILP-1M [4, 5]. В процессе обработки для каждого из октантов и первой, и второй выборки рассчитывались выборочные средние арифметические индивидуальных баллов студентов $\bar{X}_k^{(T)}$, $\bar{X}_k^{(Э)}$ и выборочные средние их стандартных отклонений $\sigma_k^{(T)}$ и $\sigma_k^{(Э)}$ по формулам:

$$\bar{X}_k^{(T)} = \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} x_{ik}^{(T)}, \quad \bar{X}_k^{(Э)} = \frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} x_{ik}^{(Э)}, \quad k = 1, 10, N_1 = 227, N_2 = 113,$$

$$\mathfrak{E}_k^{(T)} = \left[\frac{1}{N_1 - 1} \sum_{i=1}^{N_1} (x_{ik}^{(T)} - \bar{X}_k^{(T)})^2 \right]^{0,5}, \quad \mathfrak{E}_k^{(Э)} = \left[\frac{1}{N_2 - 1} \sum_{i=1}^{N_2} (x_{ik}^{(Э)} - \bar{X}_k^{(Э)})^2 \right]^{0,5}.$$

Полученные значения сравнивались между собой.

Проверка однородности выборок студентов технических и экономических направлений подготовки проводилась на основе критерия Стьюдента [6]. Известно, что условием применения этого критерия является независимость значений x_{ik} , X_i и распределение их по нормальному закону. Событие, состоящее в том, что положительный ответ на j -ый индикатор анкеты n -ым студентом окажется равным x_{nj} , зависит только от уровня развития личностного качества студента и от уровня приемлемости (трудности) индикатора анкеты. Поэтому значения x_{ik} , X_i независимы в совокупности. Допущение о нормальности распределения индивидуальных баллов X_i участников анкетирования подтверждается результатами, изложенными во многих литературных источниках.

В теории стохастических тестов принято считать, что значения X_i индивидуальных баллов участников тестирования распределены по биномиальному закону, который при увеличении объема выборки переходит в нормальный. В нашем случае объем выборки является большим ($N_1, N_2 > 100$), поэтому следует ожидать, что закон распределения будет близок к нормальному. В работе [7] отмечается, что количественные переменные, отражающие степень выраженности измеряемого показателя (латентного параметра) при достаточном объеме выборки, имеют распределение, близкое к нормальному. В других работах по психолого-социологическим исследованиям утверждается, что значения латентных

параметров могут быть распределены по трём законам: биномиальному, нормальному и Пуассона. Биномиальное распределение предполагает постоянство значений долей p_j единичных ответов и долей q_j нулевых ответов студентов на все индикаторы анкеты. Поэтому это распределение используется в частном случае, когда трудность всех заданий одинакова [8], а в нашем случае это условие не выполняется. Закон Пуассона предполагает равенство значений математического ожидания и дисперсии, что, как показывает практика обработки результатов тестирования и анкетирования, далеко не так. Авторами работы [9] был сделан вывод о том, что распределение ответов студентов, демонстрирующих ровные и уверенные знания по всей области покрытия теста, будет близко к нормальному с отчетливо выраженным максимумом и относительно небольшой дисперсией.

Таким образом, приведённый анализ результатов, изложенных в известных литературных источниках, позволяет утверждать, что допущение о нормальности закона распределения индивидуальных баллов X_i является допустимым. Поэтому условия применимости критерия Стьюдента можно предполагать выполненными.

В соответствии с критерием Стьюдента для каждого из октантов, а также для обеих выборок в целом рассчитывались значения аргумента t функции распределения Стьюдента, которые в дальнейшем сравнивались с критическими значениями t_0 . Расчёт значений t производился по формуле

$$t = \frac{|X^{(T)} - X^{(Э)}|}{\sqrt{(N_1 - 1) \cdot (\mathcal{E}^{(T)})^2 + (N_2 - 1) \cdot (\mathcal{E}^{(Э)})^2}} \cdot \sqrt{\frac{(N_1 + N_2 - 2) \cdot N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}}$$

Для определения значений t_0 использовалась таблица Q-процентных точек распределения Стьюдента. Для числа степеней свободы $\nu_1 = N_1 + N_2 - 2 = 227 + 113 - 2 = 338$ и $Q = 2,5\%$ значение t_0 оказалось равным 1,97 [6]. Поскольку значение N_1 одинаково для всех октантов первой выборки, а значение N_2 одинаково для всех октантов второй выборки, величина t_0 во всех случаях принималась также одинаковой, равной 1,97. Гипотеза об однородности выборок принималась, если $|t| < t_0$.

Результаты исследования и их анализ

Рассчитанные по результатам анкетирования значения $\bar{X}_k^{(T)}$, $\mathcal{E}_k^{(T)}$ для личностных качеств студентов технических направлений подготовки представлены в первых двух строках таблицы 1, значения $\bar{X}_k^{(Э)}$ и $\mathcal{E}_k^{(Э)}$ для личностных качеств студентов экономических направлений подготовки – в третьей и четвёртой строках этой же таблицы.

Таблица 1 – Параметры личностных качеств студентов первой и второй выборок

\bar{X}_k, \mathcal{E}_k	Октанты										\bar{X}, \mathcal{E}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$\bar{X}_k^{(T)}$	9,82	10,74	6,92	7,98	6,12	5,86	4,17	3,13	8,16	5,86	69,54
$\mathcal{E}_k^{(T)}$	3,04	2,73	3,43	2,72	3,07	2,87	2,99	2,12	2,75	3,13	17,11
$\bar{X}_k^{(Э)}$	9,74	10,19	6,76	7,43	6,13	5,88	3,92	3,46	8,20	7,08	68,81
$\mathcal{E}_k^{(Э)}$	3,6	3,37	3,67	3,06	2,88	2,86	2,87	2,45	3,03	3,33	21,49
t	0,215	1,615	0,396	1,684	0,029	0,061	0,736	1,283	0,122	3,314	0,339
$\bar{X}_k^{(ОБ)}$	9,79	10,56	6,87	7,80	6,13	5,87	4,09	3,24	8,17	6,78	69,29
$\mathcal{E}_k^{(ОБ)}$	3,23	2,97	3,51	2,84	3,01	2,86	2,95	2,24	2,84	3,20	18,67

Из таблицы 1 видно, что значения $\bar{X}_i^{(T)}$ и $\bar{X}_k^{(Э)}$ для октантов 1-9 мало отличаются между собой. Как показывают расчёты, их различия для октантов 1, 3, 5, 6, 9 составляют около 2 % и лишь для октантов 2, 7 и 8 составляют 5%, 6% и 10 % соответственно. Оценка статистических погрешностей $\varepsilon_k^{(T)}$, $\varepsilon_k^{(Э)}$ расчёта величин $\bar{X}_i^{(T)}$ и $\bar{X}_k^{(Э)}$ для этих октантов, которая производилась по формулам

$$\varepsilon_k^{(T)} = 1,97 \frac{\mathcal{E}_k^{(T)}}{\sqrt{N_1 - 1}},$$

$$\varepsilon_k^{(Э)} = 1,98 \frac{\mathcal{E}_k^{(Э)}}{\sqrt{N_2 - 1}},$$

показала, что указанные различия не выходят за пределы этих погрешностей.

Перед применением критерия Стьюдента для проверки однородности первой и второй выборок осуществлялась проверка соответствия распределения значений $X_i^{(T)}$ индивидуальных баллов студентов технических направлений подготовки нормальному закону распределения. Для этого строилась гистограмма распределения значений $X_i^{(T)}$ и оценивалось её соответствие нормальному закону распределения с

помощью критерия согласия χ^2 Пирсона. В соответствии с этим критерием по гистограмме рассчитывалось значение χ^2

$$\chi^2 = \sum_{g=1}^v \frac{(n_g - n_g \cdot p_g^{(T)})^2}{n_g \cdot p_g^{(T)}}$$

и сравнивалось с критическим значением χ_{kr}^2 , которое определялось по статистическим таблицам [6] на основе заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $\nu = m - 3$ (m – число интервалов разбиения в гистограмме, n_g – число участников тестирования в g -ом интервале разбиения). Теоретическое значение $p_g^{(T)}$ рассчитывалось для середины каждого интервала на основе функции плотности вероятности нормального закона распределения

с параметрами $m_x = \bar{X}^{(T)}$ и $\sigma_x = \mathcal{E}^{(T)}$. На рис. 1 представлена гистограмма распределения значений $X_i^{(T)}$ и аппроксимирующая их кривая плотности вероятности нормального закона распределения.

Значение вероятности p_{χ^2} соответствия распределения индивидуальных баллов $X_i^{(T)}$ нормальному закону, найденные по статистическим таблицам [6], составило 0,1, что намного больше предельно допустимой величины $p_{\chi_0^2} = 0,05$. Поэтому можно считать, что распределение анализируемых результатов не противоречит гипотезе о нормальном законе распределения и применение критерия Стьюдента для анализа однородности первой и второй выборок правомерно.

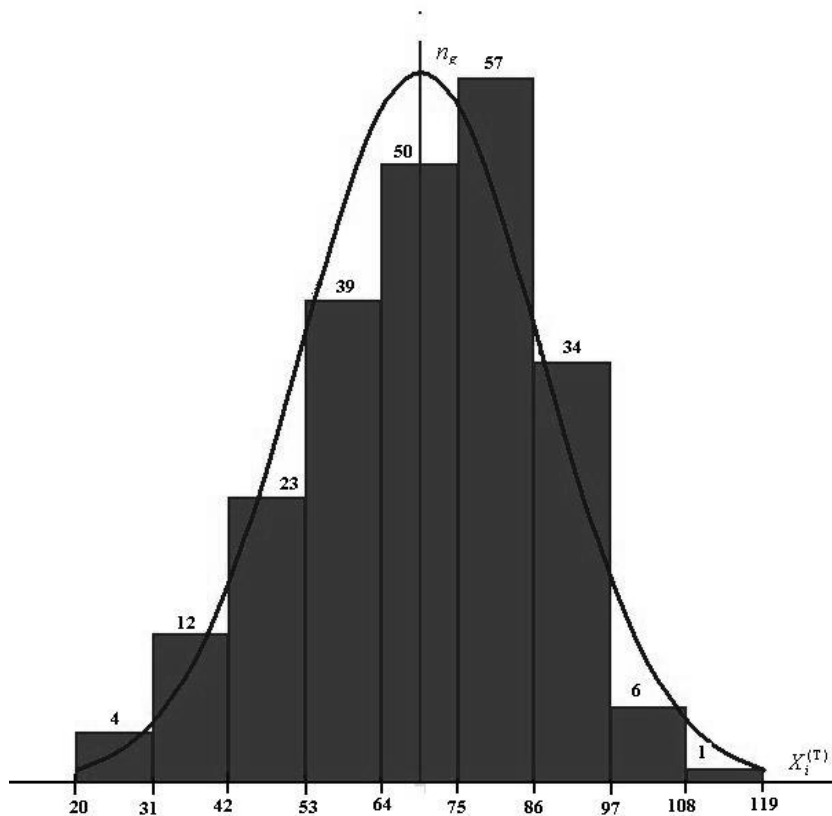


Рис. 1. Гистограмма распределения значений индивидуальных баллов $X_i^{(T)}$.

Анализ однородности выборок проводился на основе сравнения значений аргумента t (пятая строка таблицы

1) с критическим значением $t_0 = 1,97$. Из таблицы видно, что для октантов 1 – 9, а также для первой и второй выборок в

целом условие $|t| < t_0$ выполняется, что является свидетельством их однородности. В связи с этим, можно считать, что средние значения уровня развития таких личностных качеств как «целеустремлённость», «деловитость», «лидерство», «уверенность в себе», «требовательность», «настойчивость», «уступчивость», «зависимость» и «конформность» практически одинаковы у студентов и технических, и экономических направлений подготовки. Этот же вывод относится и к средним значениям индивидуальных баллов $\bar{X}^{(T)}$ и $\bar{X}^{(Э)}$ по первой и второй выборкам в целом.

Условие однородности выборок не выполняется для октанта 10: $3,314 > 1,97$.

Различие $\bar{X}_{10}^{(T)}$ и $\bar{X}_{10}^{(Э)}$ составляет около 19 %, что выходит за пределы статистических погрешностей расчёта этих величин. Это говорит о том, что «отзывчивость» у студентов технических направлений подготовки в среднем выражена слабее, чем у студентов экономических направлений подготовки.

В двух последних строках таблицы 1 представлены значения выборочных средних $\bar{X}_k^{(OB)}$ и $\bar{X}_k^{(Э)}$, рассчитанные по объединённой выборке студентов, полученной путём слияния первой и второй исследуемых выборок. Из ана-

лиза этих данных видно, что полученные по объединённой выборке значения $\bar{X}_k^{(OB)}$ мало отличаются от значений $\bar{X}_k^{(T)}$ и $\bar{X}_k^{(Э)}$, рассчитанных по первой и второй выборкам в отдельности. Однако относительная разность величин $\bar{X}_{10}^{(OB)}$ и $\bar{X}_{10}^{(T)}$ по-прежнему велика и составляет 16 %, что выходит за пределы статистических погрешностей расчёта этих величин.

Таким образом, объединение первой и второй выборок привело к искажению оценки уровня развития «отзывчивости» у студентов технического направления подготовки. Как следствие этого, с большой погрешностью будет оценен уровень сформированности тех общекультурных компетенций, которые базируются на использовании этого личностного качества.

Для более детального анализа оценок уровня развития личностных качеств студентов двух исследованных выборок рассмотрим, как в каждой из выборок распределены студенты по четырём зонам (категориям G). Разделение студентов по категориям проводилось исходя из значений индивидуальных баллов x_{ik} с помощью таблицы 2 [3].

Таблица 2 – Деление анкетированных на категории G по уровню развития их личностных качеств (опросник Л.П. Калининского)

x_{ik}	Категория G уровня развития качества
$0 \leq x_{ik} < 4$	G1 – низкий (качество развито недостаточно)
$4 \leq x_{ik} < 8$	G2 – пороговый (качество развито удовлетворительно)
$8 \leq x_{ik} < 12$	G3 – средний (качество развито оптимально)
$12 \leq x_{ik} < \infty$	G4 – высокий (качество развито чрезмерно)

Определялось число студентов, попавших в каждую категорию каждого из октантов, затем вычислялась доля их в

процентах. Полученные данные представлены в таблице 3 для первой выборки и в таблице 4 для второй.

Таблица 3 – Результаты исследования личностных качеств студентов всей выборки в целом (для технических направлений подготовки)

G	Октанты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Количество участников (%)									
1	4	2	20	4	9	20	50	61	6	20
2	21	14	35	37	13	52	33	35	32	52
3	41	42	32	48	44	24	15	3,6	51	24
4	34	42	13	11	34	4	2	0,4	11	4

Таблица 4 – Результаты исследования личностных качеств студентов всей выборки в целом (для экономических направлений подготовки)

G	Октанты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Количество участников (%)									
1	7	4	25	14	21	25	50	53	13	21
2	21	20	35	36	44	44	35	41	18	29
3	29	36	27	40	32	29	12	5	59	38
4	43	40	13	10	3	2	3	1	10	12

Из таблиц 3, 4 видно, что доли студентов технических направлений подготовки, у которых такие качества как «целеустремлённость», «деловитость», «лидерство», «уверенность в себе», «требовательность» развиты оптимально (категория G3), превышает соответствующие доли студентов экономических направлений подготовки (см. ячейки 1–5 строки 3 таблиц 3 и 4). Качества «настойчивость», «конформность» и «отзывчивость» оптимально развиты у большей части студентов выборки 2, чем выборки 1 (см. ячейки 6, 9, 10 строки 3 таблиц 3 и 4). А «уступчивость» и «зависимость» оптимально развиты у примерно одинаковых долей студентов первой и второй выборок.

Для успешной профессиональной деятельности важно, чтобы личностные качества студентов были развиты на уровне категорий G2, G3. Сравним полученные результаты, исходя из суммарных значений ячеек строк 2, 3 для каждого из октантов двух выборок. Сравнение показывает, что доля студентов второй выборки, у которых развиты качества «целеустремлённость», «деловитость», «требовательность», «зависимость» на уровне требований категорий G2 и G3, превышает соответствующую

долю студентов первой выборки. Качества «лидерство», «уверенность в себе», «настойчивость», «зависимость», «конформность» присущи большей части студентов первой выборки, чем второй.

При аттестации студентов в процессе обучения положительным считается результат, когда индивидуальный балл студента x_{ik} соответствует любой категории, кроме первой. Поэтому для сравнения качественного состава исследуемых выборок в этом случае необходимо проанализировать суммарные значения ячеек строк 2-4 для каждого октанта. Анализ показывает, что уровень развития качеств «целеустремлённость», «деловитость», «лидерство», «уверенность в себе», «требовательность», «настойчивость» и «конформность» может быть положительно оценен у большей части студентов первой выборки по сравнению со второй. И только качество «зависимость» присуще большей доле второй выборки, чем первой. Доли студентов с достаточным для положительной аттестации уровнем развития «уступчивости» и «отзывчивости» являются практически одинаковыми для студентов обеих выборок.

Таким образом, качественный состав выборок студентов технических и экономических направлений подготовки, определённый исходя из распределения студентов по категориям G2 – G4 по уровню развития личностных качеств, заметно различается.

Выводы

1. Выборки студентов технических и экономических направлений подготовки по отдельным октантам опросника Л.П. Калининского, проверяющим развитие соответствующих личностных качеств студентов, могут быть неоднородными. Поэтому

му объединение студентов в одну общую выборку приведёт к большой погрешности расчёта уровня сформированности общекультурных компетенций студентов, базирующихся на использовании тех личностных качеств, для которых выборки неоднородны.

2. Расчёт личностных качеств студентов технических и экономических направлений подготовки по объединённой выборке может существенно исказить распределение студентов по категориям развития и привести к неверным представлениям о качественном составе выборок.

Литература

1. Елисеев И.Н., Елисеев И.И., Германова О.Е. Формализация оценки компетенций студентов как средство обеспечения интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений // Информатизация образования и науки. – 2016. – №2 (30). – С. 126-135.
2. Елисеев И.Н. Елисеев И.И., Ефремова Н.Ф. Моделирование анкеты для оценивания общекультурных компетенций здоровьесбережения // Информатизация образования и науки. – 2016. – № 3. – С. 125-136.
3. Райгородский Д.Я. Психодиагностика персонала. Методики и тесты / Д.Я. Райгородский. – М.: Изд. Бахрах, 2007. – Т. 1. – 440 с.
4. Елисеев И.Н. Теоретические основы алгоритма расчёта латентных переменных программным комплексом RILP-1M // Программные продукты и системы. – 2011. – №2. – С. 67-71.
5. Елисеев И.Н. Методы, алгоритмы и программные комплексы для расчёта характеристик диагностических средств независимой оценки качества образования: монография. – 2 изд., перераб. и доп. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 285 с.
6. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
7. Кузнецов Д.Ю. Статистические методы анализа результатов психолого-педагогического тестирования [Электронный ресурс] / Д.Ю. Кузнецов. Режим доступа:– http://vestnik.yspu.org/releases/uchenuye_praktikam/11_4/ (05.04.07). (Дата обращения 16 марта 2013 г.).
8. Елисеев И.Н. Модель оценивания латентных параметров дихотомической модели Раша / И.Н. Елисеев, И.С. Шрайфель // Известия высших учебных заведений. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. – 2011. – № 6. – С. 37-46.
9. Рудинский И.Д. Статистические методы вывода оценки результатов автоматизированного тестирования [Электронный ресурс] / И.Д. Рудинский, С.В. Грушецкий // Материалы международной конференции-выставки «Информационные технологии в образовании». – Москва, 2003. – Режим доступа: <http://www.ito.su/2003/VI/VI-0-2188.html>. (Дата обращения 04.02.2013).

**ГЛОБАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ "ЦЕНА / КАЧЕСТВО"
И ИХ КОМПОНЕНТЫ**

**GLOBAL LEVEL OF EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS
OF INFORMATION AND COMPUTING SYSTEMS "PRICE / QUALITY"
AND THEIR COMPONENTS**

*Климанов Вячеслав Петрович / Viacheslav P. Klymanov,
профессор кафедры информационных систем, доктор технических наук,
Московский государственный технологический университет «Станкин» /
Professor, Doctor of Technical Science of information Systems,
Department, Moscow State Technological University STANKIN,
slav@stankin.ru*

Аннотация

В статье определяются и регламентируются инвариантные вопросы применения и сертификации систем эффективности в информационно-вычислительных системах, устанавливается форма требований к системе эффективности, определяются возможности оценки эффективности внешними сторонами. Представлены уровни глобального критерия эффективности как цена/качество и подробно представлены их компоненты. Предложена и подробно рассматривается многокритериальная оценка эффективности функционирования информационно-вычислительных систем на основе метода ранжирования.

Abstract

The article defines and regulates the invariant issues of application and certification of efficiency systems in information and computing systems, establishes the form of requirements for the quality system and determines the possibility of quality evaluation by external parties. The levels of the global price/quality criterion are presented and their components are presented in detail. The multi-criteria evaluation of efficiency of functioning of information and computing systems on the basis of a ranking method is offered and in detail is considered.

Ключевые слова: эффективность информационно-вычислительных систем, глобальный критерий – «цена/качество», метод ранжирования.

Keywords: efficiency of information and computing systems, the global criterion is «price/quality», the method of ranking.

Эффективность системы – это свойство системы выполнять поставленную цель в заданных условиях использования и с определенным качеством [1,2,7].

Система является эффективной, если с учетом выделенных ей ресурсов она позволяет решать возложенные на нее задачи в минимальные сроки. В любом случае оценка эффективности будет производиться заказчиком, исходя из вложенных в разработку средств и соответствия представленной информационной системы его ожиданиям.

Показатели эффективности характеризуют степень приспособленности системы к выполнению поставленных перед ней задач и являются обобщающими показателями оптимальности функционирования информационно-вычислительных систем (ИВС) [3,4].

Обобщающими показателями эффективности являются показатели глобального критерия эффективности – це-

на/качество и подробно представленные их компоненты.

Оценка эффективности ИВС – является сложной задачей системного анализа поскольку существует большое количество показателей, которые характеризуют различные подходы к оценкам в зависимости от целей исследования [5,6].

Поэтому очень сложно предложить один критерий, охватывающий огромный диапазон предъявляемых требований к качеству функционирования ИВС.

Однако, существует подход, который дает возможность решить эту задачу. Методической основой данного подхода оценки качества являются международные стандарты серии ISO 9000 [8,9].

В стандартах ISO 9000 используется определение качества из стандарта ISO 8402:

«Качество – совокупность характеристик продукта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности».

Данный стандарт определяет и регламентирует инвариантные вопросы создания, развития, применения и сертификации систем качества в промышленности. В нем устанавливается форма требований к системе качества в целях демонстрации поставщиком своих возможностей и оценки этих возможностей внешними сторонами.

Глобальный критерий эффективности может быть определен как независимое свойство ИВС отношения цена/качество, с помощью которого на основе совокупности нескольких показателей может быть проведена оценка [10].

Наглядно уровни глобального критерия цена/качество представлены в табл.1.

Табл.1. Уровни глобального критерия цена/качество

Глобальный критерий - цена/качество										
Цена <i>(Первый уровень)</i>		Качество								
Техническое обеспечение - Сто (каналы связи, сетевые устройства и т.д.)	Программное обеспечение - Спо (СУБД, операционная система, вспомогательное служебное ПО)	<i>(Первый уровень)</i> Достижимость компонентов ИВС		<i>(Второй уровень)</i>		<i>(Третий уровень)</i> Открытость				
		бъем абонентской сети	Пропускная способность	Вероятность безотказной работы	Время доставки, задержки	Расширяемость/масштабируемость	Мобильность (переносимость)	Проектная и эксплуатационная гибкость	Интероперабельность (способность к взаимодействию с другими системами)	Дружелюбность к пользователям

Рассмотрим подробнее данные показатели.

1. ЦЕНА

В цене должны учитываться все затраты жизненного цикла ИВС [5,11], которые рассчитываются после проведения маркетинговых исследований

технического оборудования и программного обеспечения.

Цена проекта ИВС складывается из следующих составляющих:

1. Стоимость комплекта оборудования, составляющего макет ИВС (сервера, персональные станции, каналы связи, сетевые устройства и т.д.).

2. Стоимость монтажа оборудования – процент от стоимости комплекта оборудования.

3. Настройка (доработка) информационной системы.

4. Стоимость программного обеспечения:

- стандартное обеспечение (лицензии: информационная система, база данных, операционная система, вспомогательное служебное ПО);
- разработанное (вспомогательное служебное ПО).

5. Внедрение (обучение пользователей, перенос данных, развертывание системы, интеграция с другими приложениями, тестирование бизнес-логики).

6. Стоимость эксплуатации в течение года.

Тогда стоимость всего проекта определим следующим образом:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{то}} + C_{\text{по}},$$

где $C_{\text{то}}$ (каналы связи, сетевые устройства и т.д.) – техническое обеспечение; $C_{\text{по}}$ (СУБД, операционная система, вспомогательное служебное ПО) – программное обеспечение.

1.1 Стоимость технического обеспечения, выбранного для реализации варианта ИВС – $C_{\text{то}}$

Стоимость комплектующих технических средств сетевого оборудования выбранной фирмы-производителя:

Для соединения подсетей (логических сегментов) и различных сетей между собой в качестве межсетевого интерфейса применяются повторители, трансиверы коммутаторы, концентраторы, мосты, маршрутизаторы и шлюзы.

Повторители – это аппаратные устройства, предназначенные для вос-

становления и усиления сигналов в сетях с целью увеличения их длины.

Трансиверы или приемопередатчики – это аппаратные устройства, служащие для двунаправленной передачи между адаптером и сетевым кабелем или двумя сегментами кабеля.

Концентраторы – это аппаратные устройства множественного доступа, которые объединяют в одной точке отдельные физические отрезки кабеля, образуют общую среду передачи данных или физические сегменты сети.

Коммутаторы – это программно-аппаратные устройства, которые делят общую среду передачи данных на логические сегменты.

Мосты – это программно-аппаратные устройства, которые обеспечивают соединение нескольких локальных сетей между собой или несколько частей одной и той же сети, работающих с разными протоколами.

Маршрутизаторы – это коммуникационное оборудование, которое обеспечивает выбор маршрута передачи данных между несколькими сетями, имеющими различную архитектуру или протоколы.

Поэтому стоимость комплектующих технических средств сетевого оборудования определяется суммой стоимости числа каждого типа оборудования, входящего в комплект разработанной ИВС:

$$C_{\text{компл}} = C_{\text{пов}} + C_{\text{транс}} + C_{\text{конц}} + C_{\text{комм}} + C_{\text{мар}}$$

1.2 Стоимость услуг по монтажу и технической поддержке оборудования

$$C_{\text{усл.}} = K_{\text{сл}} * C_{\text{компл}},$$

где $K_{\text{сл}}$ – коэффициент сложности монтажа технических средств сетевого оборудования.

1.3 Стоимость программного обеспечения – $C_{\text{по}}$

Программное обеспечение информационно-вычислительных сетей вы-

полняет координацию работы основных звеньев и элементов сети; организует коллективный доступ ко всем ресурсам сети, динамическое распределение и перераспределение ресурсов с целью повышения эффективности обработки информации; выполняет техническое обслуживание и контроль работоспособности сетевых устройств.

Сетевое программное обеспечение состоит из трех составляющих:

- общего программного обеспечения;
- системного программного обеспечения;
- специального программного обеспечения.

Общее программное обеспечение образуется из компонентов базового программного обеспечения отдельных компьютеров, входящих в состав сети, и включает в себя операционные системы, системы автоматизации программирования и системы технического обслуживания.

Системное программное обеспечение представляет собой комплекс программных средств, поддерживающих и координирующих взаимодействие всех ресурсов сети как единой системы.

Специальное программное обеспечение предназначено для максимального удовлетворения пользователей программами часто решаемых задач и, соответственно, содержит прикладные программы пользователя, ориентированные на специфику его предметной области.

Особая роль в программном обеспечении отводится операционным системам. Они имеются как в составе общего программного обеспечения (операционные системы отдельных компьютеров), так и в составе системного программного обеспечения: *сетевая операционная система*, устанавливаемая на сервере или на одном из компьютеров одноранговой сети.

Сетевая операционная система включает в себя набор управляющих и

обслуживающих программ, обеспечивающих:

- координацию работы всех звеньев и элементов сети;
- оперативное распределение ресурсов по элементам сети;
- распределение потоков заданий между узлами вычислительной сети;
- установление последовательности решения задач и обеспечение их общесетевыми ресурсами;
- контроль работоспособности элементов сети и обеспечение достоверности входной и выходной информации;
- защиту данных и вычислительных ресурсов от несанкционированного доступа;
- выдачу справок об использовании информационных, программных и технических ресурсов сети.

Функциональные возможности операционных систем расширяются с помощью утилит – специальных программ, используемых операционной системой для выполнения прикладных функций.

Таким образом, стоимость программного обеспечения состоит из трех составляющих: $C_{по} = C_{опо} + C_{спо} + C_{спец по}$,

где

$C_{опо}$ – стоимость общего программного обеспечения;

$C_{спо}$ – стоимость системного программного обеспечения;

$C_{спец по}$ – стоимости специального программного обеспечения.

2. КАЧЕСТВО

Под качеством ИВС понимается следующий комплекс показателей [12] (критериев):

- первый уровень критериев является достижимость компонентов ИВС для доставки потоков данных и команд (сигналов) управления т.е. существование связи между любыми абонентами моделируемой ИВС. В этом случае используется частный критерий – матричный способ нахождения количества путей между любыми

ми абонентами информационной системы, который определяется алгоритмом нахождения достижимости в виде умножения матриц;

- второй уровень использует интервальную шкалу, характеризующую относительными величинами реально измеряемых показателей и состоит из критерия безотказности (вероятность безотказной работы) и времени доставки;

- третьим уровнем критериев является открытость, которая оценивается метриками в виде категорированной шкалы, определяющей наличие рассматриваемого свойства или признака у рассматриваемого объекта без учета градаций по этому признаку, в том числе:

- расширяемость/масштабируемость;
- мобильность (переносимость);
- проектная и эксплуатационная гибкость;
- интероперабельность (способность к взаимодействию с другими системами);
- дружелюбность к пользователю, в том числе легкая управляемость.

2.1 Первый уровень критериев качества

Достижимость

Достижимость компонентов ИВС для доставки потоков данных и команд (сигналов) управления определяет существование связи между любыми абонентами моделируемой ИВС. В этом случае используется частный критерий[13] – матричный способ

нахождения количества путей между любыми абонентами информационной системы, который определяется алгоритмом нахождения достижимости в виде умножения матриц.

В этом случае можно воспользоваться аппаратом теории графов.

Достижимость в графе описывается матрицей достижимости $R=[r_{ij}]$, $i, j=1, 2, \dots, n$, где n – число вершин графа, а каждый элемент определяется следующим образом:

$r_{ij}=1$, если вершина x_j достижима из x_i ,

$r_{ij}=0$, в противном случае.

Множество вершин $R(x_i)$ графа G , достижимых из заданной вершины x_i , состоит из таких элементов x_j , для которых (i, j) -й элемент в матрице достижимостей равен 1. Очевидно, что все диагональные элементы в матрице R равны 1, поскольку каждая вершина достижима из себя самой путем длины 0. Поскольку прямое отображение 1-го порядка $\Gamma^+(x_i)$ является множеством таких вершин x_j , которые достижимы из x_i с использованием путей длины 1, то множество $\Gamma^+(\Gamma^+(x_i)) = \Gamma^{+2}(x_i)$ состоит из вершин, достижимых из x_i с использованием путей длины 2. Аналогично $\Gamma^{+p}(x_i)$ является множеством вершин, которые достижимы из x_i с помощью путей длины p .

Так как любая вершина графа, которая достижима из x_i , должна быть достижима с использованием пути (или путей) длины 0 или 1, или 2, ..., или p , то множество вершин, достижимых для вершины x_i , можно представить в виде

$$R(x_i) = \{x_i\} \cup \Gamma^{+1}(x_i) \cup \Gamma^{+2}(x_i) \cup \dots \cup \Gamma^{+p}(x_i).$$

Алгоритмы умножения матрицы на матрицу реализуют основные операции матричной алгебры.

В результате умножения матрицы A из m строк и n столбцов на матрицу B из n строк и p столбцов получается матрица C , состоящая из m строк и p столбцов:

$$C = A \times B$$

Каждый элемент матрицы-результата рассчитывается по формуле:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^n A_{ik} B_{kj} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, p)$$

2.2 Второй уровень критериев качества

Надежность

Важным показателем качества информационных систем является надежность [3,14].

Надежность – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

Надежность – характеристика временная, она может быть ориентирована либо в прошлое, либо в будущее время и не допускает «точечных» во времени оценок. Иными словами, надежность – это свойство системы «штатно» функционировать во времени.

Надежность – комплексное свойство системы; оно включает в себя более простые свойства, такие как безотказность, ремонтпригодность, долговечность и т. д.

Безотказность – свойство системы сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки (наработка – продолжительность или объем работы системы).

Ремонтпригодность – свойство системы, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Долговечность – свойство системы сохранять при установленной системе технического обслуживания и ремонта работоспособное состояние до наступления предельного состояния, то есть такого момента, когда дальнейшее использование системы по назначению недопустимо или нецелесообразно.

Одним из основных понятий теории надежности является отказ. Отказом называют полную или частичную потерю работоспособности системы или ее элемента. Отказы бывают: внезапные

и постепенные, зависимые и независимые, полные и частичные, устойчивые и самоустраняющиеся, аппаратные и программные и т. п.

Основные показатели надежности

Показатель надежности – это количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надежность системы. В основе большинства показателей надежности лежат оценки наработки системы, то есть продолжительности или объема работы, выполненной системой. Показатель надежности, относящийся к одному из свойств надежности, называется единичным. Комплексный показатель надежности характеризует несколько свойств, определяющих надежность системы.

Приведем основные показатели надежности систем и их определения в соответствии с ГОСТ 27.002-80 «Надежность в технике. Термины и определения».

2.2.1 Единичные показатели надежности

К единичным показателям надежности в соответствии с ГОСТ 27.002-80 относятся показатели безотказности, показатели ремонтпригодности и показатели долговечности.

Показатели безотказности

1. Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ системы не возникнет.

2. Вероятность отказа – обратная величина, вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ системы возникнет.

3. Средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки системы до первого отказа (существенно для невосстанавливаемых систем).

4. Средняя наработка на отказ – отношение наработки восстанавливаемой системы к математическому ожиданию числа ее отказов в пределах этой

наработки (имеет смысл только для восстанавливаемых систем).

$K_r = T_o / (T_o + T_b)$, где T_o – наработка на отказ,

T_b – среднее время восстановления

5. Интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемой системы, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.

6. Параметр потока отказов – отношение среднего числа отказов для восстанавливаемой системы за произвольно малую ее наработку к значению этой наработки.

Показатели ремонтпригодности

1. Вероятность восстановления работоспособного состояния – вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния не превысит заданного.

2. Среднее время восстановления работоспособного состояния – математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния системы.

Показатели долговечности

1. Средний ресурс – математическое ожидание наработки системы от начала ее эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

2. Срок службы – календарная продолжительность от начала эксплуатации системы или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

2.2.2 Комплексные показатели надежности

1. Коэффициент готовности (K_g) – вероятность того, что система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение системы по назначению не предусматривается.

2. Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение системы по назначению не предусматривается, и начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного времени.

3. Коэффициент технического использования – отношение математического ожидания интервалов времени пребывания системы в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания системы в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и ремонтов за тот же период эксплуатации.

4. Коэффициент сохранения эффективности – отношение значения показателя эффективности за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы в системе в течение того же периода эксплуатации не возникают.

Коэффициент сохранения эффективности характеризует степень влияния отказов в системе на эффективность ее применения по назначению. Из ранее приведенного определения теории надежности следует, что коэффициент сохранения эффективности может служить интегральным критерием оптимизации надежности системы. Действительно, критерий оптимизации – это показатель, для которого указана желаемая его величина или желаемое направление его изменения. Направление изменения коэффициента сохранения правильно выбранного показателя эффективности определяет основные ориентиры в поиске свойств системы, которые обеспечивают ее оптимальную надежность.

Для пользователей сложных информационных систем понятие их надежности ощущается в наибольшей степени по коэффициенту готовности

системы (Kг), то есть по отношению времени работоспособного состояния системы к времени ее незапланированного простоя (табл.2).

Для типичного современного сервера Kг = 0,99 (что означает примерно 3,5 суток простоя в год).

Табл.2. Классификация систем по уровню безотказности

Уровень безотказности	Коэффициент готовности	Максимальное время простоя в год	Тип системы
0	≤0.9	≥36.5 сут.	Без существенных последствий
1	≥0.9	≤36.5 сут.	Экономические потери
2	≥0.99	3.5 сут.	Обычная
3	≥0.999	8.5 час.	Высокой надежности
4	≥0.9999	1.0 час	Отказоустойчивая
5	≥0.99999	5 мин.	Безотказная

2.2.3 Время доставки, задержки

Одним из возможных способов задания непрерывной случайной величины времени доставки информации является функция распределения [14].

Функция F(x), равная вероятности того, что случайная величина X в результате испытания примет значение, меньше x, называется функцией распределения данной случайной величины: F(x)=P(X<x).

Плотностью распределения вероятностей (плотностью вероятности) времени доставки информации f(x) непрерывной случайной величины X называется производная функции распределения F(x) этой величины: f(x)=F'(x).

Вероятность того, что в результате испытания непрерывная случайная величина примет какие либо значения из интервала (a,b) равна:

$$P\{a \leq X < b\} = \int_a^b f(x) dx.$$

Основными числовыми характеристиками непрерывной случайной ве-

личины времени доставки информации являются:

математическое ожидание –

$$M(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

и дисперсия D(X) = M[X – M(X)]²

2.3 Третий уровень критериев качества

Третьим уровнем критериев является открытость [15], которая характеризуется показателями в виде категорированной шкалы, определяющей наличие рассматриваемого свойства или признака у рассматриваемого объекта без учета градаций по этому признаку, в том числе:

- расширяемость/масштабируемость;
- мобильность (переносимость);
- проектная и эксплуатационная гибкость;
- интероперабельность (способность к взаимодействию с другими системами);

– дружелюбность к пользователю, в том числе легкая управляемость.

В данном случае мы имеем дело с многокритериальной задачей, поэтому необходимо показатели качества свести к единому критерию.

В многокритериальных задачах проектирования возникает необходимость объективной оценки важности частных критериев, включаемых в аддитивный критерий оптимальности.

Оценивают важность частных критериев $f_i(X)$ с помощью коэффициентов λ_i :

Тогда получим $f(X) = \sum \lambda_i \cdot f_i(X)$ – аддитивный критерий.

Весовые коэффициенты должны качественно отражать важность соответствующих частных критериев. Величина λ_i определяет важность i -го критерия оптимальности и задает в количественном измерении предпочтение i -го критерия над другими критериями оптимальности. Весовые коэффициенты λ_i должны удовлетворять условию:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$$

Численные значения весовых коэффициентов λ_i можно получить, используя метод экспертных оценок [1].

В теории экспертных оценок разработан ряд методов проведения экспертизы. Наиболее эффективными оказались методы ранжирования и приписывания баллов.

Метод ранжирования заключается в следующем. Пусть экспертиза проводится группой из L экспертов, которые являются квалифицированными специалистами в той области, где принимается решение. Метод ранжирования основан на том, что каждого эксперта просят расставить частные критерии проектируемого объекта в порядке их важности. Цифрой 1 обозначают наиболее важный частный критерий, цифрой 2 – следующий по важности частный критерий и т.д. Эти ранги преобразовываются таким образом, что ранг 1 получает оценку m , ранг 2 – оценку $m-1$ и т.д. до ранга m , которому присваивается оценка 1. Обозначим полученные оценки r_{ik} , где i – i -й эксперт, k – k -й критерий. Тогда результаты опроса экспертов можно свести в таблицу 3.

Таблица 3. Результаты опроса экспертов.

Эксперты	Критерии			
	F ₁	F ₂	...	F _m
1	r ₁₁	r ₁₂	...	r _{1m}
2	r ₂₁	r ₂₂		r _{2m}
.
.
.
L	r _{L1}	r _{L2}	...	r _{Lm}
∑ оценок	r ₁	r ₂	...	r _m

$$r_i = \sum_{j=1}^L r_{ji}, \quad i=1,2, \dots, m.$$

В $(L+1)$ - строке стоят суммы оценок, полученных критериями от экспертов. Тогда весовые коэффициенты по методу ранжирования определяются следующим образом:

$$\lambda_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_i} \quad (i=1,2, \dots, m).$$

Рассмотрим пример. Пусть имеются группа из трёх экспертов и два критерия F₁ и F₂. Эксперты их расставили в следующем порядке.

Таблица 4. Группа из трёх экспертов и двух критериев F₁ и F₂.

Эксперты	Места	
	1	2
1	F ₁	F ₂
2	F ₂	F ₁
3	F ₁	F ₂

Определим элементы матрицы согласно методу ранжирования (первому месту – два балла, а второму – один балл): r₁₁=2, r₁₂=1, r₂₁=1, r₃₂=1.

Таблица 5. Элементы матрицы согласно алгоритму

	Критерии	
	F ₁	F ₂
1	2	1
2	1	2
3	2	1
Сумма	r ₁ =5	r ₂ =4

$$\sum_{i=1}^m r_i = 5+4=9; \quad \lambda_1=r_1/9=5/9; \quad \lambda_2=r_2/9=4/9.$$

Получаем λ₁>λ. В этом случае имеем, что первый критерий важнее второго.

Заключение

В статье представлены инвариантные решения по оценке эффективности в информационно-вычислительных системах, устанавливается форма требований к системе эффективности, определяются возможности оценки эффективности внешними сторонами. Представлены уровни глобального критерия эффективности как цена/качество и подробно представлены их компонен-

ты. Предложена и подробно рассматривается многокритериальная оценка эффективности функционирования информационно-вычислительных систем на основе метода ранжирования.

Изложенные подходы по оценке информационно-вычислительных систем могут быть применены не только в сфере образования и науки, но и в других отраслях народного хозяйства.

Литература

1. Климанов В.П. Моделирование информационно-вычислительных систем. Конспект лекций. – Москва. МГТУ «СТАНКИН», 2013.
2. Avizienis A., Laprie J-C., Randell B., and Landwehr C. Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing, IEEE Trans. Dependable and Secure Computing (TDSC), vol. 1, no. 1, Jan.-Mar.2004, p. 15.
3. ГОСТ Р 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения. – Введ. 2011-01-01. – М.: Госстандарт России, 2009. – 32 с.
4. Добров Г.М., Ершов Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. Киев: Наукова думка, 1974. – 263 с.
5. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3ч., ч. 2: Экспертные оценки / А.И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – 486 с.
6. Абросимов Л.И. Расчёт характеристик вычислительных систем сложной конфигурации с помощью контуров. Техническая кибернетика, Известия АН СССР. – 1983. – №5. – С. 98-106.
7. Авен О.И., Турин А.А., Коган Я.М. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. М.: Наука, 1982. – 464 с.
8. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
9. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
10. Климанов В.П. Разработка математических моделей и анализ эффективности вычислительных систем / под ред. Ю.П. Кораблина. М.: Изд-во МЭИ, 1992. – 103 с.
11. Михайловский Н. Сравнение методов оценки стоимости проектов по разработке информационных систем. PMProfy, 2003. – 10 с.
12. Александр Пушкарь, Владимир Гаркин. Методы оценки качества информационных систем предприятий / Александр Пушкарь и Владимир Гаркин. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 454 с.
13. Берж К. Теория графов и ее применение. – М.: ИЛ, 1962. – 320 с.
14. Климанов В.П., Сутягин М.В. Надежность информационно-вычислительных систем: Учебник. – М.: МГТУ «Станкин», 2010. – 297 с.
15. Климанов В.П., Сутягин М.В. Корпоративные информационно-вычислительные сети. Технологии и модели. М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2009. – 243 с.
16. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 2-ое изд. / Олифер В.Г., Олифер Н.А. СПб.: Питер, 2004. – 864 с.

РАЗВИТИЕ КОРПОРАТИВНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

DEVELOPMENT OF CORPORATE COMPETENCIES USING E-LEARNING SYSTEM

Сутягин Максим Валерьевич / Maxim V. Sutyagin,

к.т.н., заместитель директора – начальник отдела управления информационно-образовательной средой, Филиал «Газпром корпоративный институт» в Москве / PhD, Deputy Director-head of information and educational environment management Department, Gazprom Corporate Institute Moscow Branch, M.Sutyagin@institute.gazprom.ru

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы развития Национальной системы квалификаций, применения профессиональных стандартов, взаимосвязь требований профессиональных стандартов и компетентностного подхода. Рассматривается участие ПАО «Газпром» в создании Национальной системы квалификаций, разработке и внедрении профессиональных стандартов, компетентностный подход к управлению человеческими ресурсами. Показан подход к повышению квалификации и профессиональной переподготовке в ПАО «Газпром». Описана система самоподготовки с применением системы электронного обучения.

Abstract

The article discusses the development of the National Qualifications System, the application of professional standards, the relationship of the requirements of professional standards and the competency-based approach. The participation of PJSC «Gazprom» in the creation of the National Qualifications System, the development and implementation of professional standards, the competency-based approach to human resource management are considered. The approach to advanced training and professional retraining at PJSC «Gazprom» is shown. A self-study system using an e-learning system is described.

Ключевые слова: компетенция, электронное обучение, профессиональ-

ный стандарт, самоподготовка, повышение квалификации.

Keywords: competence, e-learning, professional standard, self-training, professional development.

ПАО «Газпром» является одной из крупнейших нефтегазовых компаний мира по величине запасов, объемам добычи и рыночной капитализации [1]. Миссией компании является надежное, эффективное и сбалансированное обеспечение потребителей природным газом, другими видами энергоресурсов и продуктами их переработки.

По разведанным запасам природного газа на территории России ПАО «Газпром» занимает первое место в мире, запасы составляют 35,195 трлн м³, что составляет 16% мировых и 71% российских запасов газа.

ПАО «Газпром» занимает первое место в мире по добыче природного газа – 498,7 млрд. м³, что составляет 12% мировой и 69% российской добычи природного газа. Газотранспортная трубопроводная система ПАО «Газпром» является самой протяженной в мире, ее протяженность только на территории России составляет почти 172,6 тыс. км.

Более 36% добытого газа идет на экспорт, по этому показателю ПАО «Газпром» также является мировым лидером.

Часть газа отправляется на переработку, в том числе производится

электроэнергия, тепло, гелий, мономеры и полимеры, сера и т.д. При этом ПАО «Газпром» занимает в России первое место по производству электроэнергии и тепла.

По добыче и переработке нефти и газового конденсата ПАО «Газпром» входит в ТОП-3 российских компаний (совместно с Роснефтью и Лукойлом).

Основными направлениями деятельности компании являются газ и нефть.

Началом производственной цепочки для этих направлений является геологоразведка, далее разведанные запасы нефти или газа добываются.

Добытая нефть отправляется потребителям в сыром виде (танкерами или по трубопроводам), направляется в нефтехранилища или на переработку, продукты переработки нефти (бензин, керосин, масла, мазут) идут на реализацию потребителям.

Природный газ по трубопроводам может напрямую отправляться на продажу, либо в подземные хранилища газа – для последующей реализации в периоды пикового спроса. Кроме того, часть газа используется для газоснабжения конечных потребителей, производства сжиженного природного газа (СПГ), тепло- и электроэнергии.

ПАО «Газпром» имеет очень широкий круг деятельности. В Группу компаний Газпром входит более 330 организаций, которые занимаются не только основными направлениями деятельности компании, но и оказывают сервисные услуги.

Занимать лидирующие позиции ПАО «Газпром» помогают люди, которые являются главным активом компании.

По состоянию на 31 декабря 2018 года в Группе компаний Газпром работало более 460 тыс. человек, что составляет 0,6% численности населения страны.

Рабочие составляют около 54% персонала, специалисты и служащие составляют порядка 32%, а руководители

разного уровня – 14%. Мужчины составляют порядка 70% персонала. Доля работников с высшим профессиональным образованием составляет почти 50%. Средний возраст работника – чуть более 40 лет.

«Газпром» уделяет большое значение развитию персонала. В Группе Газпром действует Система непрерывного фирменного профессионального образования персонала, нацеленная на развитие работников с учетом возрастающих требований производства и качества труда, внедрения новых технологий и профессиональных стандартов, цифровой трансформации бизнеса и расширения регионов присутствия Группы.

Система объединяет 6 корпоративных учебных заведений, а также 30 учебно-производственных центров в основных дочерних обществах. В 2018 году более 380 тыс. работников прошли программы повышения квалификации и профессиональной подготовки.

Следует отметить, что обучение проходит не только в корпоративных учебных организациях, но и на базе опорных и партнерских вузов, а также в других образовательных организациях. Образовательные услуги в Группе Газпром оказываются на конкурсной основе.

В ПАО «Газпром» большое внимание уделяется работе с молодыми специалистами. В 2018 году на работу было принято почти 3000 молодых специалистов. С целью адаптации и развития молодых работников разработан целый комплекс мероприятий:

- Школа подготовки молодых специалистов ПАО «Газпром»;
- Координационный молодежный совет дочерних обществ и организаций ПАО «Газпром»;
- Советы молодых ученых и специалистов;
- Научно-технические конференции молодых специалистов.

В настоящее время в Российской Федерации ведется большая работа по созданию эффективной Национальной системы квалификаций (НСК), отвечающей не только потребностям сегодняшнего дня, но и учитывающей изменения в будущем. Создана и продолжает совершенствоваться нормативно-правовая база. В этой работе принимают участие органы государственной власти, работодатели, профсоюзы и система образования.

Национальная система квалификаций является средством согласования спроса на квалификации работников со стороны работодателей на основе требований рынка труда и предложения квалификаций со стороны системы образования и обучения (рис. 1).

Участники системы:

- Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям.
- Орган исполнительной власти.
- Национальное агентство развития квалификаций.
- Советы по профессиональным квалификациям.
- Центры оценки квалификации.

НСК строится с учетом интересов работодателей и потребностей бизнеса. Основной принцип системы – именно работодатель формирует требования к своему персоналу: и к потенциальным, и к действующим сотрудникам. ПАО «Газпром» активно участвует в развитии Национальной системы квалификаций и внедрении профессиональных стандартов – ведет разработку стандартов для отечественного нефтегазового комплекса, реализует мероприятия по применению профессиональных стандартов в различных сферах управления персоналом.

Понятие профессионального стандарта введено в Трудовой кодекс РФ (статья 195.1 Понятия квалификации работника, профессионального стандарта).

Профессиональный стандарт – характеристика квалификации, необходи-

мой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности.

Квалификация работника – уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опыта работы работника.

Профессиональный стандарт (ПС) является ключевым механизмом саморегулирования рынка труда. Он представляет собой многофункциональный нормативный документ, устанавливающий требования в рамках конкретного вида (области) профессиональной деятельности:

- к содержанию и качеству труда;
- к условиям осуществления трудовой деятельности;
- к уровню квалификации работника;
- к практическому опыту, профессиональному образованию и обучению, необходимому для соответствия данной квалификации.

ПС состоит из структурных единиц, каждая из которых относится к определенному квалификационному уровню и содержит описание:

- необходимых знаний и умений;
- уровня ответственности и самостоятельности;
- уровня сложности выполняемой трудовой функции.

Основные термины и понятия, используемые в целях разработки ПС, определены в Методических рекомендациях по разработке ПС Минтруда России.

Область профессиональной деятельности – совокупность видов трудовой деятельности, имеющая общую интеграционную основу и предполагающая схожий набор компетенций для их выполнения. Корреспондируется с одним или несколькими видами экономической деятельности.

Вид профессиональной (трудовой) деятельности – совокупность обобщенных трудовых функций, имеющих близкий характер, результаты и условия труда.

Обобщенная трудовая функция – совокупность связанных между собой

трудовых функций, сложившаяся в результате разделения труда в конкретном производственном или (бизнес) процессе.

Трудовая функция – система трудовых действий в рамках обобщенной трудовой функции, представляющая собой интегрированный и относительно автономный набор трудовых действий, определяемых бизнес-процессом, и предполагающий наличие необходимых компетенций для их выполнения.

Трудовое действие – процесс взаимодействия работника с предметом труда, при котором достигается определенная задача.

Единица профессионального стандарта – структурный элемент профессионального стандарта, содержащий развернутую характеристику конкретной трудовой функции, которая является целостной, завершенной, относительно автономной и значимой для данного вида трудовой деятельности.

Уровень квалификации / Квалификационный уровень:

- обобщенные требования к знаниям, умениям и широким компетенциям работников, дифференцируемые по параметрам сложности, нестандартности трудовых действий, ответственности и самостоятельности;
- критерии результата обучения, что в настоящее время становится доминирующим принципом, поскольку только на его основе можно построить сопоставимые рамки квалификации.

Квалификация:

- готовность работника к качественно-му выполнению конкретных функций в рамках определенного вида трудовой деятельности;
- официальное признание (в виде сертификата) освоения компетенций, соответствующих требованиям к выполнению трудовой деятельности в рамках конкретной профессии (требований профессионального стандарта).

Компетенция – совокупность знаний, умений, опыта и отношений / ценностных установок.

Функциональный анализ – методика поэтапного описания иерархических уровней в области профессиональной деятельности, используемая при разработке профессиональных стандартов. Алгоритм проведения функционального анализа для выявления конкретных функций состоит в последовательном определении элементов различных уровней иерархии.

Функциональная карта – описание функций, выполняемых работниками в конкретной области профессиональной деятельности, выявленных в ходе функционального анализа.

Основным элементом в системе ПС являются профессиональные компетенции (ПК). Компетенции показывают общие способности, базирующиеся на достижениях в обучении, опыте, полученном при образовательной деятельности человека. Понятие «компетенция» характеризует умения, но не ограничивается только этим. Оно включает в себя ценности, влияющие на жизненную самореализацию человека. Профессиональные компетенции включают совокупность специальных знаний и умений, связанных с конкретным видом трудовой деятельности.

Компетентность и компетенция составляют взаимосвязанные парные понятия. Компетенция – системное свойство системы понятий и действий, отражающих объект и позволяющих субъекту эффективно взаимодействовать с ним в определенных условиях; компетентность – опыт человека, который реализуется через присущие ему компетенции в определенных условиях.

Компетентностный подход – это приведение в соответствие профессионального образования и потребностей рынка труда, т.е. он связан с запросом на образование со стороны работодателей и позволяет акцентировать внимание на результатах образования, причем в качестве результата рассматривается

не сумма усвоенной информации, а способность человека действовать в различных проблемных ситуациях [2].

Взаимосвязь профессиональных стандартов и компетенций представлена на рис. 2.



Рис. 1. Структура национальной системы квалификаций

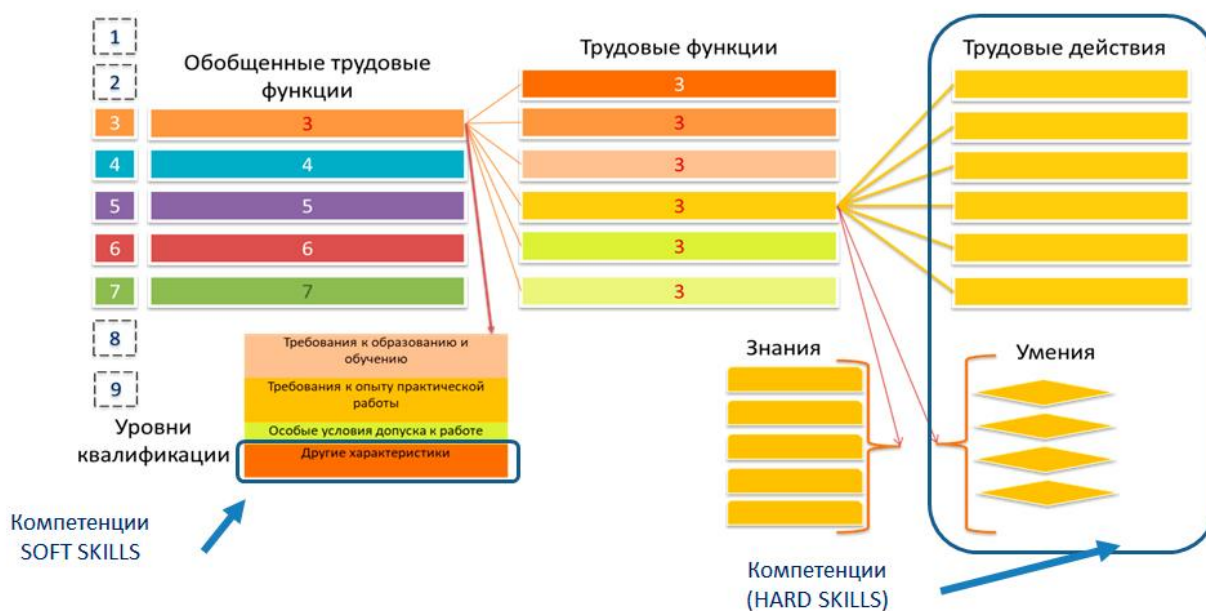


Рис. 2. Взаимосвязь профессиональных стандартов и компетенций

Профессиональные компетенции увязываются с трудовыми действиями, а личностно-деловые и управленческие – с дополнительными требованиями к работнику в профстандарте.

Работу по созданию и внедрению профессиональных стандартов ПАО «Газпром» начал в 2014 году. Основные усилия были направлены на разработку профстандартов для нефтегазового комплекса. За Советом профессиональных квалификаций в нефтегазовом комплексе закреплено 66 стандартов, 26 из которых разработаны непосредственно ПАО «Газпром». Как уже было показано ранее, сфера деятельности Компании очень разнообразна, поэтому активно используются профессиональные стандарты других отраслей – 27% от общего количества применяемых в корпорации профстандартов.

В Группе Газпром действует долгосрочный, ежегодно актуализированный план мероприятий по применению профессиональных стандартов, который рассчитан до 2020 года. Основной целью является интеграция требований Национальной системы квалификаций в процессы подбора, оценки и обучения персонала. Была сформирована методическая база, содержащая рекомендации по применению профстандартов. Компания участвовала в разработке отраслевого и национального справочника профессий. Опыт ПАО «Газпром» широко используется другими предприятиями нефтегазовой отрасли.

В настоящее время в «Газпроме» применяются 387 профессиональных стандартов, из них 80 носят обязательный характер [5]. Список применяемых стандартов постоянно расширяется. На базе такого списка, начиная с 2018 года, формируется план обучения персонала – проводится анализ, соответствует ли квалификация работников профессиональным стандартам, и, если не соответствует – работника направляют на повышение квалификации. Проводится работа по актуализации образовательных программ и приведение их в соот-

ветствие с профессиональными стандартами.

Однако на сегодняшний день существует ряд серьезных проблем, решение которых является важным для ускорения процесса разработки профстандартов:

- автоматизация процесса разработки и утверждения профессиональных стандартов, поскольку объем бумажной работы достаточно большой;
- разработка общих методических рекомендаций, упрощающих работу в условиях развития НСК, по аналогии с рекомендациями, которые компании разрабатывают для себя и распространяют на всю отрасль;
- обеспечение взаимодействия разработчиков профессиональных стандартов с разработчиками примерных основных образовательных программ.

В ходе профессионально-общественной аккредитации выявлено, что каждая образовательная организация по-своему трактует требования профессиональных стандартов.

Частное учреждение «Центр планирования и использования трудовых ресурсов Газпрома» (ЧУ «Газпром ЦНИС») наделено полномочиями Совета по профессиональным квалификациям в нефтегазовом комплексе.

Основными направлениями деятельности являются:

- Мониторинг рынка труда.
- Разработка и внедрение профессиональных стандартов.
- Сопровождение Отраслевой рамки квалификаций.
- Независимая оценка квалификации.
- Профессионально-общественная аккредитация профессиональных образовательных программ.

Максимальный охват профессиональными стандартами коснулся таких специальностей как сварщик, оператор по добыче, специалист по охране труда.

В «Газпроме» выделяют более 800 профессиональных компетенций, 12 личностно-деловых и 7 управленческих.

Уровень развития компетенций рассматривается на 5 уровнях (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики развития компетенции по уровням

Уровень развития компетенции	Характеристика уровня развития компетенции
Уровень осведомленности	Имеет общее представление о данной компетенции, демонстрирует поведение, необходимое для выполнения простых рабочих задач. Осведомлен о важности компетенции, но не всегда умеет использовать ее.
Уровень знания	Обладает основными знаниями и умениями в рамках компетенции. Демонстрирует основные деловые характеристики в рамках компетенции, достаточные для выполнения стандартных рабочих задач при наличии инструкций или под руководством более опытных работников.
Уровень опыта	Обладает всеми необходимыми знаниями, умениями и навыками в рамках компетенции. Самостоятельно и качественно выполняет рабочие задачи в рамках компетенции, может творчески решать возникающие проблемы.
Уровень мастерства	Обладает глубокими системными знаниями, умениями и навыками в рамках компетенции и проявляет их в рабочих ситуациях любой сложности.
Экспертный уровень	В совершенстве владеет знаниями, умениями и навыками в рамках компетенции. Привлекается для решения важных и сложных задач по направлению деятельности.

Для примера рассмотрим компетенцию «Ориентация на результат» (табл. 2).

В характеристиках представлено, чем должен обладать работник на определенном уровне.

Таблица 2

Пример описания компетенции

Название компетенции	Ориентация на результат
Определение	Умение решать поставленные задачи. Способность обеспечивать качество выполнения работ и соответствие результата принятым стандартам.
Уровень опыта	Детально разбирается в принятых стандартах работ, точно и скрупулезно выполняет все предписанные требования. При необходимости прикладывает дополнительные усилия по достижению поставленных целей, использует личное время. Добивается желаемого результата, внешние обстоятельства редко являются препятствием достижения целей. Проводит постоянный мониторинг актуальности документов, регламентирующих деятельность своего подразделения и/или выполнение определенных процедур в его зоне ответственности, своевременно вносит в них корректировки.
Уровень мастерства	Оптимизирует деятельность, меняя при необходимости методы работы, но оставаясь в рамках выделенных ресурсов и соблюдая установленные сроки и требования к качеству.

	Контролирует соблюдение требований к результатам тех работников, с которыми взаимодействует в ходе решения общих задач.
Уровень эксперта	Передаёт оптимистичный настрой и уверенность в возможности решать амбициозные задачи другим работникам. Консультирует коллег по установленным стандартам деятельности и требованиям, предписанным положениями, инструкциями, техническими стандартами и другими документами, регламентирующими деятельность в рамках его зоны ответственности.

Перед образовательными организациями, оказывающими для ПАО «Газпром» услуги по повышению квалификации и профессиональной переподготовке, была поставлена задача актуализации своих программ для учета требований профессиональных стандартов, применяемых в компании.

В ПАО «Газпром» функционирует автоматизированная система управления персоналом (АСУП), одной из функций которой является управление развитием персонала.

На основании конкурсного отбора формируется перечень предложений от образовательных организаций. Все предлагаемые образовательные программы привязываются к профессиональным стандартам (если такой профстандарт утвержден) и компетенциям, входящим в матрицу компетенций ПАО «Газпром», и загружаются в АСУП.

Работники кадровой службы, формируя план обучения, делают выбор из загруженных предложений. Имеется возможность фильтровать предложения по интересующим профстандартам и корпоративным компетенциям.

Следует отметить, что различные уровни развития компетенций обеспечиваются различными видами программ. Электронное обучение позволяет максимально достичь уровня знания, а уровень эксперта не может быть достигнут только за счет образовательных мероприятий.

В «Газпроме» выделяют три вида образовательных программ.

Обязательного обучения – обучение для обеспечения необходимого уровня профессиональной подготовки работника, соответствующего требова-

ниям и профилю компетенций определенной должности (профессии), выполнения требований государственных и локальных нормативных актов, регламентирующих вопросы предоставления допуска к работе на опасных производственных объектах.

Целевого обучения – обучение работников в соответствии с возрастающими требованиями производства, совершенствованием бизнес-процессов, вводом новых производственных объектов, внедрением новой техники и технологий, а также в связи с предстоящим назначением на другую должность, изменением профиля деятельности.

Периодического обучения – обучение персонала, осуществляемое в целях поддержания профессиональной квалификации работников, получения дополнительных профессиональных знаний, умений и навыков.

В условиях ограниченности ресурсов обучение планируется в следующей последовательности – обязательное, целевое и периодическое.

Применение электронного обучения позволяет снизить затраты на обучение и охватить большее количество работников. Все программы электронного обучения также привязываются к профстандартам и корпоративным компетенциям.

В настоящее время создается система самоподготовки работников, ориентированная на обучение работников в рамках индивидуальной траектории развития в условиях ограниченности ресурсов (рис. 3). На первом этапе основной аудиторией этой системы является кадровый резерв.



Рис. 3. Структура системы самоподготовки

Система самоподготовки базируется на каталоге корпоративных компетенций и профиле компетенций должностей. Ориентирована на развитие личностно-деловых и управленческих компетенций.

Работник проходит входное тестирование и получает рекомендации (в случае необходимости) по изучению литературы (из базы электронных изданий, входящих в корпоративную электронную библиотеку), прохождению электронных курсов и участию в тематических вебинарах.

По завершению самоподготовки (в течение года) работник проходит повторное тестирование, которое определяет уровень развития компетенций.

Корпоративная цифровая библиотека предоставляет доступ к 14 элек-

тронным библиотекам, электронному архиву и базе данных СМИ.

Таким образом, траектория развития резервистов может быть представлена в таком виде (рис. 4):

- очное целевое обучение по модульной программе для резерва кадров соответствующего уровня управления (за 1-2 года до назначения);
- поддерживающее обучение в формате самоподготовки на рабочем месте (1-й год после назначения);
- самоподготовка + тренинг по одной из компетенций (2-й год после назначения);
- оценка и принятие решения о дальнейшем карьерном движении (3-й год после назначения).



Рис. 4. Применение системы самоподготовки для развития резерва управленческих кадров

Таким образом, применение электронного обучения позволяет значительно снизить затраты на обучение персонала, обеспечить развитие персо-

нала по компетенциям, построить индивидуальную траекторию развития работника.

Литература

1. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2018 год [Электронный ресурс] // ПАО «Газпром» URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/01/851439/gazprom-annual-report-2018-ru.pdf> (дата обращения: 05.01.2020)
2. Громова Н.В. Компетентностный подход как основа становления профессиональных стандартов в России // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 9-3. – С. 543-546.
3. Перевертайло А.С. Независимая оценка квалификации: нормативный правовой аспект [Электронный ресурс] // Национальное агентство развития квалификаций. 2017. URL: <http://conf-audit.ru/wp-content/uploads/2017/03/Perevertaylo.pdf> (дата обращения: 05.01.2020).
4. Перевертайло А.С. Концепция IT-инструмента «Отраслевая рамка квалификаций» [Электронный ресурс] // Национальное агентство развития квалификаций. 2017. URL: <https://rk-nark.ru/upload/iblock/0bc/0bc01a47a6b99f10810d984a0fea628f.pptx> (дата обращения: 05.01.2020).
5. Шагов А.Н. Роль и задачи работодателей в национальной системе квалификаций: опыт ПАО «Газпром» // Доклад на Четвертом всероссийском форуме «Национальная система квалификаций России» URL: <https://nark.ru/ns/vserossiyskiy-forum/forum-2018.php> (дата обращения: 05.01.2020).

**ФОРМИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОДАРЕННОЙ
МОЛОДЕЖИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ РАЗВИВАЮЩЕЙ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

**FORMATION OF CREATIVE COMPETENCIES OF TALENTED YOUTH IN
A TELECOMMUNICATION DEVELOPING SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL
ENVIRONMENT**

Пиявский Семен Авраамович / Semen A. Piyavsky,

*д.т.н., профессор, научный руководитель проектов лаборатории цифровых образовательных технологий Самарского филиала Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский городской педагогический университет» (СФ ГАОУ ВО МГПУ) / Doctor of Technical Sciences, Professor, research manager of projects laboratory of digital educational technologies, Samara branch of the State Autonomous educational institution of Moscow "Moscow city university" (SF SAEI HE MC),
spiyav@mail.ru*

Кiryukov Станислав Рэмович / Stanislav R. Kiryukov,

*к.т.н., доцент, заместитель директора по учебной работе и качеству образования Самарского филиала Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский городской педагогический университет» (СФ ГАОУ ВО МГПУ) / Candidate of Technical Science, Associate Professor, Deputy director for training and quality Samara branch of the State Autonomous educational institution of Moscow "Moscow city university" (SF SAEI HE MCU),
kirukov@mgpu.ru*

Кузнецов Александр Сергеевич / Alexander S. Kuznetsov,

*руководитель «Центра молодежной инноватики» Самарского филиала Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский городской педагогический университет» (СФ ГАОУ ВО МГПУ) / Head of the center for youth innovation Samara branch of the State Autonomous educational institution of Moscow "Moscow city university" (SF SAEI HE MCU),
kuznetsov-63@yandex.ru*

Аннотация

Дано структурное описание единой системы мер по выявлению и развитию творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий, ориентированной на создание виртуальной научно-образовательной среды. Показана математическая модель формирования исследовательских компетенций в этой среде. Рассмотрены примеры моделирования процесса развития для различных целевых установок молодых исследователей.

Abstract

There is the structural description of a unified system of measures to identify and develop creative youth on the field of science, engineering and technology, focused on creating a virtual scientific and educational environment. A mathematical model of the formation of research competencies in this environment is shown. Examples of modeling the development process for various targets of young researchers are considered.

Ключевые слова: развивающаяся личность, творческие способности, математическое моделирование, исследовательские компетенции.

Keywords: developing personality, creativity, mathematical modeling, research competencies.

Информационное общество предоставляет совершенно новые возможности для выявления и развития способностей творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники. Прежде всего, это возможность необременительного дистанционного индивидуального взаимодействия через Интернет молодых энтузиастов с авторитетными представителями высшей школы, науки и промышленности, если их связывает общая заинтересованность. Но такая возможность должна быть подкреплена технологией, позволяющей строить организации эффективное взаимодействие с использованием современных достижений системного анализа, теории оптимального управления, психологии и науковедения.

Основой такой технологии управления развитием способностей творческой личности может стать математическая модель, рассматривающая формирование исследовательских компетенций как управляемый динамический процесс, который может быть описан незамкнутой системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Подробно математическая модель управляемого развития творческих способностей описана в [3], а основные ее положения намечены еще в начале 90-х годов прошлого века [2].

Основным постулатом модели является то, что исследовательские способности включают четыре основных компоненты: интеллект, креативность (практически не изменяемые с возраста 15-16 лет), квалификация и мотивация. Квалификация и мотивация же динамичны и могут изменяться с течением времени, причем исследовательская квалификация формируется исключительно в процессе целостной исследова-

тельской деятельности развивающейся личности (так, в соответствии с «Рабочей концепцией одаренности» [5], отражающей мнение ведущих российских психологов, «одаренность – это системное, развивающееся в течение жизни качество психики, которое определяет возможность достижения человеком более высоких, незаурядных результатов в одном или нескольких видах деятельности по сравнению с другими людьми», см. также [1]).

В соответствии с [3], для оценки уровня сформированности исследовательских компетенций в сфере науки и техники необходимо рассматривать следующие девять основных функций исследовательской деятельности:

- 1) поиск тематики;
- 2) постановку (осознание) темы исследования;
- 3) формирование ключевой идеи (плана) решения;
- 4) выбор, освоение и реализацию необходимого обеспечения;
- 5) реализацию отдельных элементов исследования (элементов плана решения);
- 6) синтез решения (собственно исследование);
- 7) оформление решения;
- 8) ввод в научный обиход, защиту и сопровождение решения;
- 9) внутренний критический анализ решения.

Эти функции присущи творческому процессу безотносительно к тому, на каком содержательном уровне (фигурально говоря, академика или аспиранта) он протекает. Между тем, в зависимости от уровня, эти функции наполняются различным содержанием и требуют, соответственно, различной научной квалификации. С учетом этого следует описывать творческую деятельность в сфере науки и техники как протекающую в 2-х измерениях: по уровням научно-технического творчества и по функциям исследовательской деятельности. Основываясь на принятой в России классификации ученых степе-

ней, отражающей реальные качественные отличия уровней научно-технического творчества, можно выделить четыре уровня научной деятельности:

- 1) фрагментов (научный сотрудник);
- 2) задач (кандидат наук);
- 3) проблем (доктор наук);
- 4) направлений (член академии наук).

Не следует думать, что рассмотрение высших уровней творчества бесполезно при моделировании развития одаренности в юношеском возрасте. Во-первых, история науки дает нам, правда, немногочисленные, примеры, когда в этом возрасте уже решались задачи высокого творческого уровня, а во-вторых, опыт и моделирование показывают, что знакомство одаренной молодежи в научно-популярном плане с крупными научными проблемами и направлениями является составной частью мотивирования ее развития.

Важнейшей компонентой фазового пространства является мотивация, под которой в общем плане понимается совокупность факторов, определяющих поведение человека. "В ходе изучения прогностической ценности тестов интеллекта выяснилась вечная истина. Начиная с коэффициента интеллекта 110 - 120, т.е. при отсутствии выраженных дефектов в наборе основных способностей индивида, последующая "отдача", в форме любых достижений, не очень-то сильно коррелирует с дальнейшим возрастанием коэффициента интеллекта, а на первый план выступает характеристическая особенность – способность к все более и более полному увлечению своим делом, не столь уж редкая беззаветная, абсолютная, дальше заставляющая фанатически-концентрированно, неотступно, заниматься избранным делом, будь то конструирование аппарата, прибора, усовершенствование существующего, какое-то новшество, какая-то проблема, поэма, скульптура, картина, литератур-

ное или музыкальное произведение" [7]. Применительно к предмету нашего обсуждения это многоаспектное понятие отражает увлеченность научной деятельностью, стремление добиться научных результатов, необходимые для этого активность, инициативность, настойчивость. В отличие от интеллекта и креативности, которые достаточно стабильны в зрелом возрасте, мотивация подвижна. Мы полагаем, что измерение мотивации в наших целях может быть осуществлено самым естественным образом. Как указывается в [6], "силу потребностей и мотивов можно измерять величиной препятствий, которые животное или человек готовы преодолеть для удовлетворения потребности". Соответственно под уровнем мотивации M на определенном промежутке времени мы будем понимать то время (например, количество часов в месяц), которое индивид по собственному желанию регулярно затрачивает на занятия научной деятельностью в течение этого промежутка. Такое понимание, разумеется, отражает не суть, а лишь проявление феномена, изучаемого психолого-педагогической наукой под соответствующим названием. Однако, основываясь на деятельностном подходе, мы полагаем, что именно данное проявление мотивации содержательно влияет на формирование ученого.

Введем следующие обозначения:

- $i = 1, \dots, 9$ – номера основных функций исследовательской деятельности;
- $j = 1, \dots, 9$ – номера научно-технических уровней исследовательской деятельности;
- M – творческая активность (мотивация) личности, измеряемая текущим средним временем, выделяемым ею на исследовательскую деятельность (часов в месяц);
- t_{ij} – текущее среднее время, уделяемое элементу научной деятельно-

сти (i, j) , (часов в месяц), такое что $\sum_{j=1, \dots, 4} m_{ij} = M$;

• x_{ij} – текущая оценка уровня квалификации личности по отдельным элементам научно-технической деятельности (i, j) , измеряется в долях от

полного овладения ими $0 \leq x_{ij} \leq 1, i = 1, \dots, 9, j = 1, \dots, 4$.

Перечисленные выше фазовые координаты изменяются с течением времени в зависимости от характера исследовательской деятельности личности согласно дифференциальным уравнениям

$$\frac{dx_{ij}}{dt} = uskor \cdot \beta_{ij} \cdot I \cdot K \cdot m_{ij} \cdot x_{ij} \cdot (1 - x_{ij}), i = 1, \dots, 9, j = 1, \dots, 4. \quad (1)$$

Здесь:

t – текущее время от начала развития личности в направлении исследовательской деятельности, месяцы;

I, K – оценка интеллекта и креативности личности в психологическом понимании (например, по результатам психологического тестирования), баллы;

$uskor$ – коэффициент пропорциональности, отражающий, в частности, воздействие используемых технологий на результативность научной деятельности.

Коэффициенты β_{ij} , $1/ч$, определяют темп увеличения квалификации при деятельности личности с определенным творческим потенциалом, зависящие не только от специфики элемента исследовательской деятельности i, j , но и от квалификации личности в смежных элементах этой деятельности

$$\beta_{ij} = \beta_{ij}^0 + \beta_{ij}^1 \cdot \sum_{k=1, \dots, 4} \gamma_{rk}^{ij} \cdot x_{rk}. \quad (2)$$

Здесь γ_{rk}^{ij} – коэффициенты, учитывающие влияние квалификации по элементу r, k на темп повышения квалификации по элементу i, j , нормируемые

$$\sum_{k=1, \dots, 4} \gamma_{rk}^{ij} = 1. \quad (3)$$

Соотношение коэффициентов β_{ij}^0 и β_{ij}^1 показывает относительный вклад самого элемента и влияющих на него других элементов в сложность овладения им развивающейся личностью.

Мотивация личности в процессе исследовательской деятельности в свою очередь удовлетворяет следующему дифференциальному уравнению

$$\frac{dM}{dt} = \left(a_0 + \sum_{j=1, \dots, 4} a_{ij} \cdot m_{ij} + a_x \cdot X_{prizn} \right) \cdot (M_{max} - M). \quad (4)$$

Здесь a_0, a_{ij}, a_x – весовые коэффициенты, учитывающие относительную значимость соответствующих факторов;

M_{max} – физиологически предельный уровень мотивации;

X_{prizn} – признанная обществом квалификация личности, такая, что

$$X_{prizn} = \sum_{j=1, \dots, 4} c_j^u \cdot x_{8j}; \quad (5)$$

c_j^u – коэффициенты относительной значимости уровней творчества;

$(M_{max} - M)$ – «демпфирующий множитель», отражающий утомление, т.е. замедление темпов роста уровня мотивации при приближении к физиологическому пределу.

Таким образом, модель содержит 37 дифференциальных уравнений первого порядка, 37 фазовых переменных и 36 управлений, которыми являются действия личности в каждый момент времени.

Описываемые этой моделью закономерности носят единый характер на всех этапах формирования молодого исследователя «школа – вуз - трудовая деятельность», а вот коэффициенты, отражающие, в первую очередь, целевые и мотивационные аспекты личности, существенно меняются. Это находит отражение и в методах их определения. Проиллюстрируем это на примере системы критериев оценки исследовательских проектов, выполняемых школьниками и студентами в рамках Самарской

областной системы «Астра», представляющей собой цепочку программ – «ВЗЛЕТ», «Конкурс стипендий Губернатора», «ПОЛЕТ», «ОРБИТА», в рамках которых талантливый молодой человек: школьник, студент, молодой ученый или специалист, – в процессе направляемой творческой деятельности последовательно развивал свои способности и одновременно принимал все большее творческое участие в решении предприятиями Самарской области актуальных научно-технических задач, устанавливая с ними длительные и перспективные связи (Таблица 1, в ней шрифтом показаны уровни важности критериев: жирным шрифтом – наиболее важные, курсивом – важные, обычным шрифтом – обычной важности).

Таблица 1 – Система частных критериев оценки творческой составляющей научно-исследовательских работ (НИР), выполняемых молодыми исследователями в рамках системы «АСТРА»

Частные критерии оценки НИР	Контингент авторов НИР и сравнительная важность частных критериев			
	Школьники старших классов (конкурс «ВЗЛЕТ»)	Студенты младших курсов вузов (конкурс стипендий Губернатора)	Студенты и маги - странты вузов (конкурс «ПОЛЕТ»)	Молодые ученые конструкторы специалисты (рекомендация к конкурсу «Орбита»)
1. Тип результатов НИР (уровень исследования)	Наиболее важный	Наиболее важный	Наиболее важный	Наиболее важный
2. Результаты НИР соответствуют тематике научной деятельности руководителя, научной группы кафедры, вуза, предприятия	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>	Обычный	<i>Важный</i>
3. Результаты НИР относятся к перспективному направлению науки, техники, технологий	Обычный	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>	Обычный
4. Направлена (подготовлена) публикация в научной печати	Обычный	Обычный	Наиболее важный	Наиболее важный
5. Результаты НИР внедрены или подготовлены к внедрению в сторонних организациях	<i>Важный</i>	Обычный	<i>Важный</i>	Наиболее важный
6. Представлен глубокий обзор научной проблематики	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>	Обычный	Обычный
7. Используются теоретические методы (математические, понятийный аппарат социально-гуманитарного научного познания)	Наиболее важный	Обычный	Наиболее важный	<i>Важный</i>
8. Получены новые научные результаты	Наиболее важный	Обычный	<i>Важный</i>	Наиболее важный
9. Имеются собственные оригинальные идеи участника	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>	<i>Важный</i>
10. Имеется глубокий анализ литературы (по авторам и времени)	<i>Важный</i>	Наиболее важный	Наиболее важный	Обычный

11. Используются/разработаны специальные технологии проведения исследований	<i>Важный</i>	Обычный	<i>Важный</i>	Наиболее важный
12. Масштабность предполагаемых последствий полной реализации результатов НИР	Наиболее важный	<i>Важный</i>	Обычный	<i>Важный</i>
13. Масштабность проведенного исследования	Наиболее важный	Наиболее важный	Обычный	Обычный
14. Качество оформления представленных результатов НИР	<i>Важный</i>	Наиболее важный	<i>Важный</i>	Обычный
15. Качество доклада и ответов на вопросы при защите НИР	Обычный	<i>Важный</i>	Наиболее важный	<i>Важный</i>

В таблице очевидно прослеживается, что ценность критериев оценки исследовательских проектов меняется для развивающейся личности с течени-

ем времени, отражая ту динамику, которая должна происходить в процессе творческого развития.

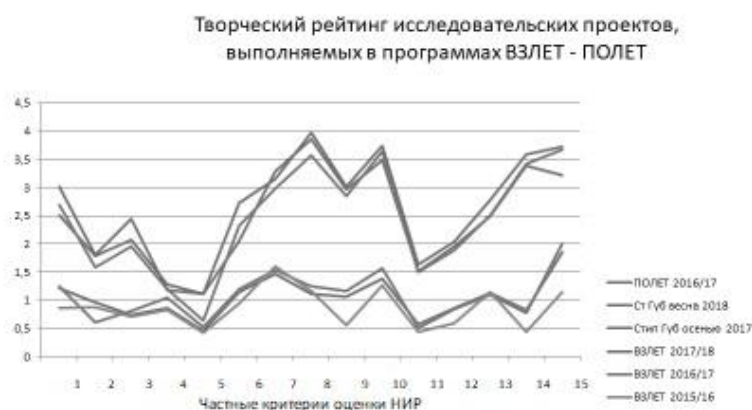


Рис. 1. Творческая структура НИР, выполненных в рамках системы АСТРА

На рисунке 1 показаны результаты оценки НИР, представленные на конкурсы системы АСТРА с 2015 по 2018 годы. Количество ежегодно представляемых проектов школьников составляло от 180 до 1000, студентов – около 200. Оценку каждого проекта школьника слепым методом, то есть не зная автора, давали рецензенты двух различных вузов, оценка студенческих проектов производилась коллегиально на секции вузовской научной конференции или заседании профильной кафедры вуза. Отметим, что «ямы» на диаграммах рис. 1 наглядно демонстрируют разрыв между образовательной сферой и сферой труда. Это подчеркивает необходимость акцентировать внимание на усилении связи с произ-

водственной сферой (программа «ОРБИТА» системы «АСТРА»).

Определив по результатам конкурса 2015/16 учебного года существенные недостатки в творческой структуре представленных НИР по этим показателям (большое число реферативных работ, редкое использование теоретических, выходящих за пределы школьного курса математических методов), удалось за счет управления структурой деятельности научных консультантов, научных руководителей и самих школьников, именно в процессе контролируемого с научно-методических позиций выполнения проектов, существенно улучшить творческую структуру их деятельности, и, как следствие, более эффективно раз-

вить соответствующие компетенции молодых исследователей, что сказалось на оценке НИР, представленных на конкурс следующего 2016/17 учебного года.

Важнейшим достоинством описанной выше системы критериев является возможность ее использования для количественной оценки степени сформированности у авторов оцениваемых НИР девяти указанных выше исследовательских компетенций, конечно, с пониманием того, что должен быть при этом учтен уровень самостоятельности авторов, то есть тот вклад, который вносят в НИР непосредственно они сами. Для перехода от оценки проекта к оценке творческого уровня его автора служит таблица пересчета, пример которой показан в таблице 2. Она построена экспертным путем при небольшом количестве экспертов достаточно высокой квалификации и носит демонстрационный характер. Эксперты отвечали на вопрос: «Укажите несколько показателей НИР, не более трех-четырёх в каждом разряде

(в наибольшей или большой степени), свидетельствующих о сформированности у автора НИР соответствующей компетенции». С использованием метода универсальных коэффициентов важности критериев, развитого в [7], на основе таблицы 2 формируются таблицы 3, 4, а затем таблица 5, в которой указаны весовые коэффициенты, позволяющие пересчитать значения частных критериев НИР в уровень сформированности компетенций автора НИР (Исследовательские компетенции здесь и далее используются под номерами: 1 – поиск тематики, 2 – постановка (осознание) темы исследования, 3 – формирование ключевой идеи (плана) решения, 4 – выбор, освоение и реализация необходимого обеспечения, 5 – реализация отдельных элементов исследования (элементов плана решения), 6 – синтез решения (собственно исследование), 7 – оформление решения, 8 – ввод в научный обиход, защита и сопровождение решения, 9 – внутренний критический анализ решения).

Таблица 2 – Отражение в оценке НИР уровня сформированности исследовательских компетенций ее автора (НР – наиболее развиты, Р – развиты)

Критерии оценки творческого уровня исследовательского проекта студента	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Исследовательский характер деятельности и ее результатов	НР		Р			НР			
2. Деятельность связана с научно-производственной деятельностью руководителя, консультанта								Р	
3. Результаты относятся к перспективному направлению науки, техники, технологий		Р				Р		НР	
4. Направлены публикации в научную печать		Р			Р	Р		НР	
5. Результаты внедрены или подготовлены к внедрению в сторонних организациях	Р				НР		Р	НР	
6. Представлен глубокий обзор научной проблематики	НР		Р	Р		НР		Р	ОР
7. Используются теоретические методы (в т.ч. математи-	Р		Р	Р					ОР

ческий аппарат, передовой понятийный аппарат социогуманитарного научного познания)									
8. Получены новые научные результаты	P			HP					
9. Имеются собственные оригинальные идеи участника		HP		HP					P
10. Имеется глубокий анализ литературы (по авторам и времени)		HP	P	HP					P
11. Используются/разработаны специальные технологии проведения исследований				HP	HP				
12. Масштабность предполагаемых последствий полной реализации результатов деятельности участника	P				HP	HP			P
13. Масштабность проведенного исследования	P		HP						P
14. Качество оформления представленных результатов		P	HP			P			P
15. Качество доклада и ответов на вопросы при защите конкурсной НИР/проекта			P				HP	HP	

Таблица 3 – Распределение критериев НИР, значимых для расчета уровня сформированности исследовательских компетенций автора НИР

Количество критериев	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество важных критериев	5	3	5	2	1	3	1	2	5
Количество наиболее важных критериев	2	2	2	4	3	3	1	4	2
Общее количество критериев	7	5	7	6	4	6	2	6	7

Таблица 4 – Универсальные коэффициенты важности критериев при принятии многокритериальных решений

Количество критериев	Распределение критериев по группам важности		Значения универсальных коэффициентов важности критериев	
	В1	В2	В1	В2
7	2	5	0,032	0,187
7	5	2	0,08	0,299
5	3	2	0,093	0,36
6	2	4	0,044	0,228
6	3	3	0,061	0,272
4	1	3	0,063	0,313
2	1	1	0,25	0,75

Таблица 5 – Коэффициенты пересчета критериев оценки творческого уровня НИР в уровни сформированности исследовательских компетенций ее автора (средние баллы оценки НИР: столбец А – школьники, столбец Б – студенты)

Критерии оценки творческого уровня НИР	Исследовательские компетенции									Средние баллы оценки НИР	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	Б
1. Исследовательский характер деятельности и ее результатов	0,299		0,08			0,272				1,25	3
2. Деятельность связана с научно-производственной деятельностью руководителя, консультанта								0,044		1	1,8
3. Результаты относятся к перспективному направлению науки, техники, технологий		0,093				0,061		0,228		0,75	2,5
4. Направлены публикации в научную печать		0,093			0,063	0,061		0,228		1	1,2
5. Результаты внедрены или подготовлены к внедрению в сторонних организациях	0,08				0,313		0,25	0,228		0,5	1,1
6. Представлен глубокий обзор научной проблематики	0,299		0,08	0,044		0,272		0,044	0,299	1,2	2,75
7. Используются теоретические методы (в т.ч. математический аппарат, передовой понятийный аппарат социогуманитарного научного познания)	0,08		0,08	0,044					0,299	1,5	3,1
8. Получены новые научные результаты	0,08			0,228						1,3	4
9. Имеются собственные оригинальные идеи участника		0,36		0,228					0,08	1,15	3

10. Имеется глубокий анализ литературы (по авторам и времени)		0,36	0,08	0,228					0,08	1,5	3,7
11. Используются/разработаны специальные технологии проведения исследований				0,228	0,313					0,5	1,6
12. Масштабность предполагаемых последствий полной реализации результатов деятельности участника	0,08				0,313	0,272			0,08	0,8	2
13. Масштабность проведенного исследования	0,08		0,299						0,08	1	2,6
14. Качество оформления представленных результатов		0,093	0,299			0,061			0,08	0,8	3,6
15. Качество доклада и ответов на вопросы при защите конкурсной НИР/проекта			0,08				0,75	0,228		2	3,75

Пересчет производился по формуле

$$y_i = \sum_{j=1}^m k_{ij} p_j, \quad (6)$$

где

$i = 1, \dots, 9$ – номер исследовательской компетенции;

$j = 1, \dots, 15$ – номер частного критерия оценки НИР;

y_i – уровень сформированности i -ой компетенции по 5-балльной шкале;

p_j – значение j -го критерия оценки НИР по 5-балльной шкале;

k_{ij} – универсальный коэффициент важности учета значения значения j -го критерия оценки НИР при расчете уровня сформированности i -ой компетенции.

Приведенной формулой можно пользоваться и при использовании осредненных данных по всему массиву НИР. В таблице 6 приведены результаты расчета по ней для максимальных значений оценки проектов студентов и школьников, показанных на рис. 1.

Таблица 6 – Средний уровень сформированности исследовательских компетенций школьников и студентов – участников системы АСТРА (по 5-балльной шкале)

Категории молодых исследователей	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Школьники	1,14	1,19	1,13	1,13	0,63	1,04	1,63	1,07	1,23
Студенты вузов	2,74	3,09	3,16	3,06	1,55	2,55	3,09	2,15	2,94

Для использования в математической модели данные, выраженные в 5-балльной шкале, показанные в двух правых столбцах таблицы 5, должны быть корректно преобразованы в относительную шкалу. Для этого следует использовать аппроксимацию универсальной шкалы пересчета порядковой 5-балльной шкалы в количественную шкалу, нормированную от нуля до ста, приведенную в [4] и показанную в таблице 7 и на рис. 2.

Таблица 7 – Таблица пересчета уровней порядковой шкалы в количественные коэффициенты важности

Номер уровня 5-балльной шкалы	Эквивалентный универсальный коэффициент важности
0	0
1	0,08
2	0,19
3	0,33
4	0,55
5	1

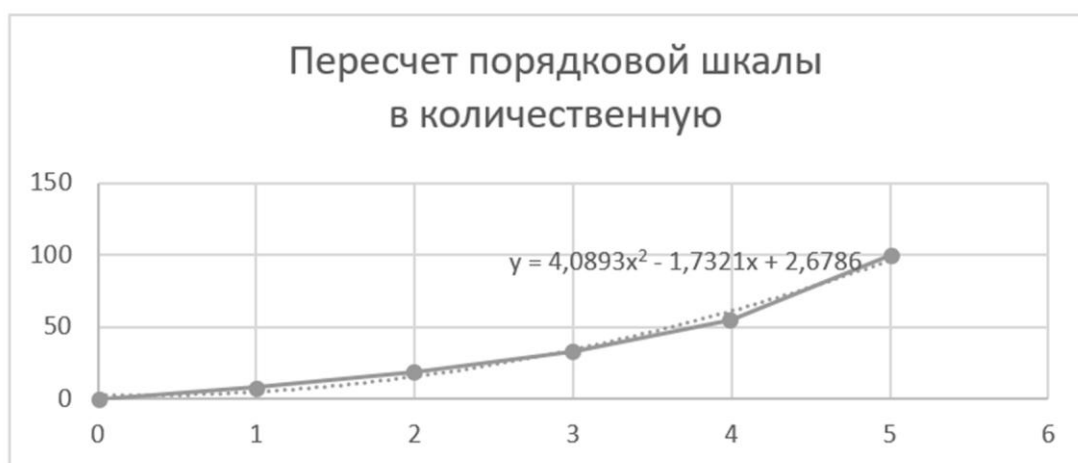


Рис. 2. Аппроксимация формулы пересчета 5-балльной порядковой шкалы в количественную

Результаты пересчета показаны в таблице 8 и на рис. 3.

Таблица 8 – Средний уровень сформированности исследовательских компетенций школьников и студентов – участников системы АСТРА (в относительной шкале)

Категории молодых исследователей	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Школьники	0,1	0,1	0,1	0,1	0,06	0,08	0,15	0,08	0,1
Студенты вузов	0,29	0,35	0,36	0,34	0,14	0,26	0,35	0,21	0,32

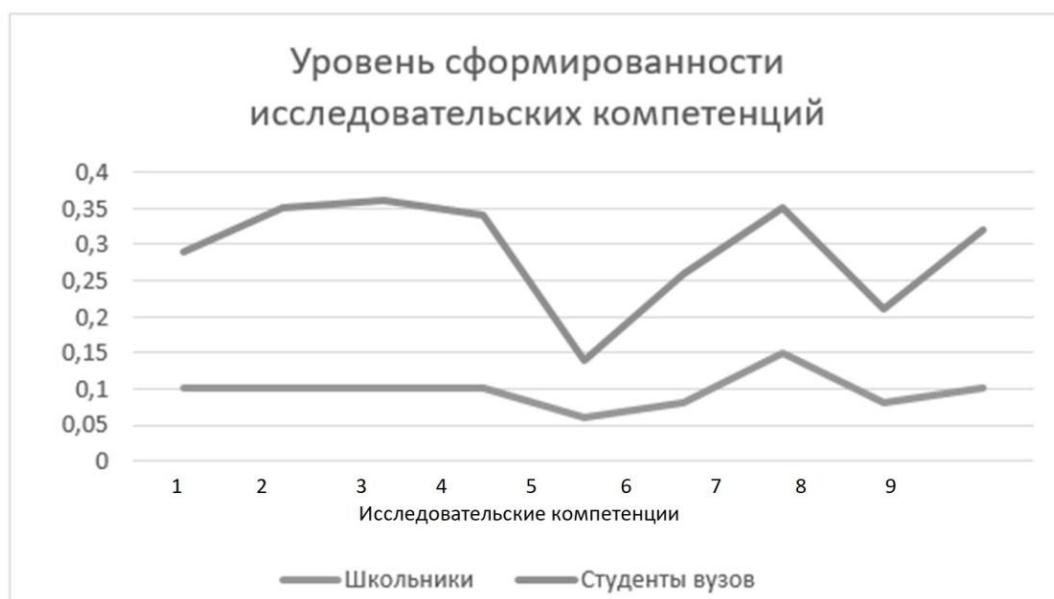


Рис. 3. Средний уровень сформированности исследовательских компетенций школьников и студентов – участников системы АСТРА (в относительной шкале)

Анализируя представленные в таблице 8 и на рис. 3 средние уровни сформированности исследовательских компетенций участников программы АСТРА, можно сразу обратить внимание на то, что несмотря на разницу в количественном выражении для школьников и студентов, структурно они достаточно схожи. В «ямах» оказываются компетенции, относящиеся к области реализации и защиты результатов исследования (5-я и 8-я исследовательские компетенции). Причем, если в начале творческой деятельности (у школьников) различия между 5-й, 8-й и прочими исследовательскими компетенциями достаточно незначительны, то уже для студентов разница между ними достаточно велика. Такая ситуация, возможно, объясняется тем, что творческой личности на начальном этапе ее деятельности наименее интересно заниматься кропотливой работой, которую неизбежно подразумевают реализация элементов исследования и защита полученных результатов творческой деятельности.

Результаты таблицы 8 задают начальные значения, необходимые для математической модели (1) – (5). Весовые

коэффициенты относительной важности отдельных исследовательских компетенций c_j^u определяются по таблицам универсальных коэффициентов важности в зависимости от целевой установки, выбранной молодыми исследователями, то есть от того, кем они хотят видеть себя в будущем: например, системным аналитиком, разработчиком или предпринимателем, реализующим инновации. Целевая установка развивающейся личности и методика ее определения подробно описана в [3], однако предлагаемый подход подразумевает определение тех исследовательских компетенций, которые наиболее важны в сфере деятельности, выбранной молодым исследователем. Это является основополагающим элементом данного подхода. Предполагается, что эти компетенции могут быть определены экспертами, имеющими достаточно высокую квалификацию в области, соответствующей целевой установке развивающейся личности. Пример определения коэффициентов c_j^u , показанный в таблицах 9, 10, составленный по результатам анкетирования небольшой группы независимых экспертов, носит демон-

страционный характер и призван проиллюстрировать предлагаемый подход. Эксперты выделяли три наиболее важных (НВ) исследовательских компетенции в своей сфере деятельности, а прочие считались либо просто важными

(В), либо обычными (О). Затем анкеты экспертов подытоживались (таблица 9) и определялись коэффициенты относительной важности (таблица 10) исследовательских компетенций для различных целевых установок.

Таблица 9 – Группы важности отдельных исследовательских компетенций для различных целевых установок (НВ – наиболее важный, В – важный, О – обычный)

Целевые установки творческого развития	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стать системным аналитиком в сфере инновационных технологий	НВ	В	О	В	О	НВ	В	В	НВ
Стать разработчиком инноваций	В	В	НВ	НВ	НВ	В	О	О	В
Стать предпринимателем, реализующим инновации	НВ	О	О	В	В	О	В	НВ	НВ

Таблица 10 – Коэффициенты относительной важности отдельных исследовательских компетенций для различных целевых установок

Целевые установки творческого развития	Исследовательские компетенции								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стать системным аналитиком в сфере инновационных технологий	0,224	0,073	0,019	0,073	0,019	0,224	0,073	0,073	0,224
Стать разработчиком инноваций	0,073	0,073	0,224	0,224	0,224	0,073	0,019	0,019	0,073
Стать предпринимателем, реализующим инновации	0,224	0,025	0,025	0,085	0,085	0,025	0,085	0,224	0,224

Полученные значения становятся исходными данными для модели (1) – (5).

Результаты моделирования требуют качественной интерпретации, то есть фактически рекомендаций, выдаваемых развивающейся личности, о тех усилиях, которые должны предприниматься ею для развития наиболее важных для выбранного направления исследовательских компетенций. Однако составление таких рекомендаций не

может основываться только лишь на начальных условиях моделирования и должно подвергаться постоянной корректировке с учетом результатов, демонстрируемых творческой личностью на каждом этапе развития. Это подводит к идее индивидуального плана творческого развития, который на каждом этапе предлагает учащимся оптимальную стратегию распределения усилий при развитии исследовательских компетенций.

Индивидуальный план творческого развития предполагает, что на каждом этапе деятельности молодой исследователь получит рекомендации, к развитию какой компетенции он должен прикладывать наибольшие усилия в данный момент. И, соответственно,

каждый раз он видит результаты прикладываемых им усилий.

На рис. 4 показаны результаты моделирования процесса творческого развития на период в 4 года для различной целевой установки, выбранной молодым исследователем.

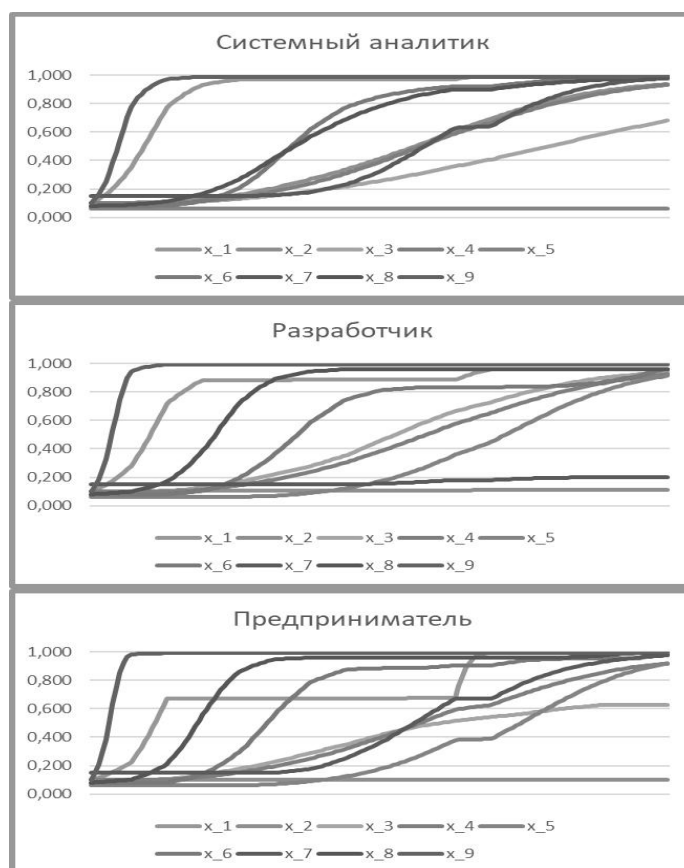


Рис. 4. Результаты моделирования процесса творческого развития на период в 4 года для различной целевой установки

Результаты вычислений показывают, что в рассматриваемом примере молодой исследователь, ориентированный по своей целевой установке на системного аналитика, за период в 4 года, может реализовать свой потенциал более полно (итоговый творческий рейтинг 0,965), чем если бы он ориентировался на будущую деятельность в каче-

стве разработчика (итоговый творческий рейтинг 0,877) или предпринимателя (итоговый творческий рейтинг 0,952). Структура начального и конечного уровня сформированности исследовательских компетенций для рассмотренных в примере целевых установок показана на рис. 5.

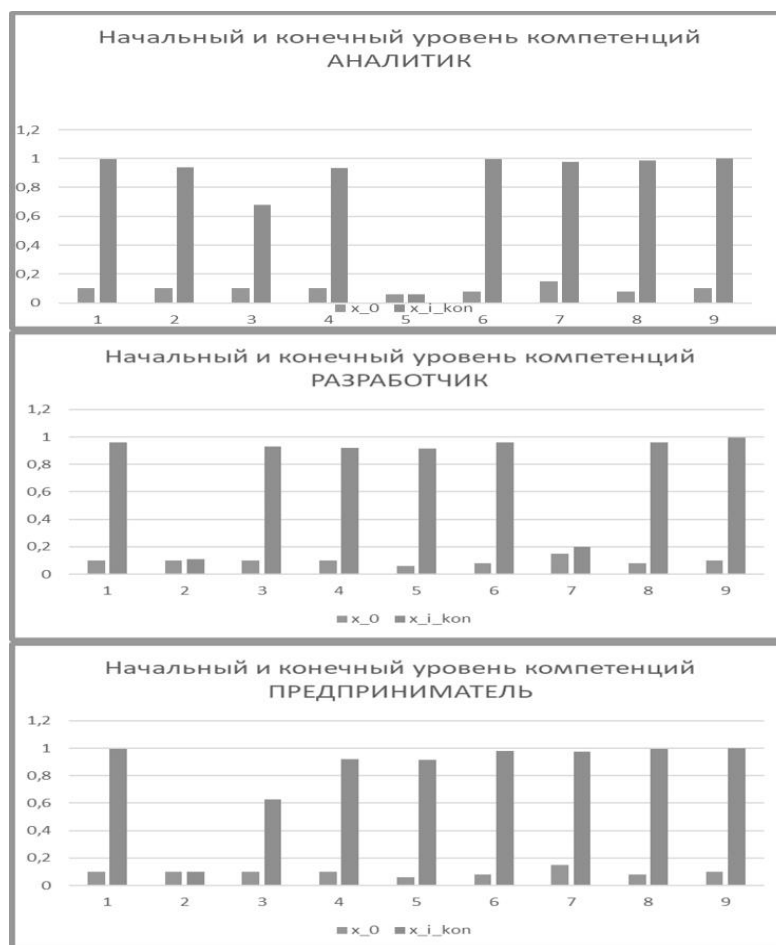


Рис. 5. Начальный и конечный уровень сформированности компетенций для различных целевых установок

Таким образом, моделирование процесса творческого развития с постоянной корректировкой усилий, прикладываемых молодым исследователем к различным аспектам творческой деятельности, позволит помочь ему с максимальной эффективностью реализовать свой потенциал. Идея создания индивидуального плана творческого развития, в основе которой лежат описанные методы, реализованная с помощью современных инфокоммуникационных технологий, может вывести процесс управления развитием творческих способностей на качественно новый уровень, помогая оптимально планировать коллективные и индивидуальные мероприятия и меры поддержки, объективно оценивать их действенность, а на основе этого наиболее целесообразно распределять и тратить ресурсы, влиять с методических позиций на структуру ис-

следовательской деятельности участников, придавая ей, наряду с целевым исследовательским, и максимально развивающий характер.

Выводы

1. Системное использование математического моделирования, теории оптимального управления, психологии и науковедения позволяет предложить целостную математическую модель оптимального управления развитием творческих способностей молодежи в сфере науки и техники.

2. Современные инфокоммуникационные технологии в условиях тренда на активную цифровизации всех сфер экономики и общественной жизни России позволяют уже сегодня перейти к построению на базе указанной математической модели целостных регио-

нальных систем работы с творчески одаренной молодежью, носящих целенаправленный, измеримый характер и обеспечивающих индивидуализированное взаимодействие школьной, вузовской и научно-производственной сфер.

3. Формой представления результатов математического моделирования для всех участников подобных развивающих систем должны стать индивидуальные планы творческого развития молодых исследователей, в разработке и реализации которых они участвуют через инфокоммуникационную систему совместно со своими научными руководителями, научными консультантами, а также психологами-наставниками.

4. Психологическое обеспечение является неотъемлемой частью математического моделирования в указанной системе. Оно состоит, во-первых, в разработке надежных методик определения индивидуальных коэффициентов математической модели – в настоящее время такие методики отсутствуют ввиду новизны самих понятий, которые предстоит измерить, а во-вторых – в непосредственной работе с молодыми исследователями в контексте формирования и реализации индивидуальных планов их творческого развития. Этому аспекту будет посвящена следующая статья возглавляемого авторами коллектива.

Литература

1. Богоявленская Д.Б. Психология творческих способностей: Монография.- Самара: Изд. дом «Федоров», 2009. – 416 с.
2. Пиявский С.А., Кирюков С.Р. Компьютерная технология развития творческих способностей и сети знаний // Научно-методические и психологические аспекты обеспечения учебного процесса в условиях многоуровневой подготовки: Региональная научно-методическая конференция. – Самара. – 1994. – С. 32-34.
3. Пиявский С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник; Самара: СГАСУ, 2011. – 198 с.
4. Пиявский, С.А. Метод универсальных коэффициентов при принятии многокритериальных решений / С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8. № 3 (29). – С. 449-468.
5. Рабочая концепция одаренности. – 2-е изд., расш. и перераб. – М., 2003. – с. https://narfu.ru/school/deti_konchep.pdf, актуализирована 30.11.2019.
6. Смирнов С.Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности. М.: "Аспект Пресс", 1995. – 271 с.
7. Эфроимсон В.П. Предпосылки гениальности (биосоциальные факторы повышенной умственной активности), "Человек", № 2-6, 1997; № 1, 1998, <http://evolbiol.ru/document/939>, актуализирована 30.11.2019.

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ, РАЗВИТИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ НА МЕЖДУНАРОДНЫЙ
УРОВЕНЬ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**EXPERIENCE IN CREATING, DEVELOPING AND BRINGING RESEARCH
CENTERS TO THE INTERNATIONAL LEVEL IN RUSSIA AND ABROAD**

Белов Филипп Дмитриевич / Filipp D. Belov,

*к.э.н., научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт
экономики, политики и права в научно-технической сфере / Ph.D., Researcher,
Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Science and Technology
(РИЭПП),
fdbelov@yandex.ru*

Смирнова Анастасия Вадимовна / Anastasia V. Smirnova,

*лаборант-исследователь, Российский научно-исследовательский институт
экономики, политики и права в научно-технической сфере (РИЭПП) / Laboratory Assistant
Researcher, Russian Research Institute of Economics, Politics and Law in Technol-
ogy (РИЭПП),
a.smirnova@riep.ru*

Аннотация

В статье представлен сравнительный анализ зарубежного опыта создания, развития и выведения на международный уровень ведущих научных центров, расположенных в странах, признанных на 2019 год лидерами в научной, технологической и инновационной сфере, на примере технополисов «Силиконовая (Кремниевая) долина» (США), «Багман Тех Парк» (Индия), CERCA (Испания, Каталония), Helmholtz Association (Германия) и Institut de Recherche pour le Developpement (Франция). Исследован отечественный опыт выведения на мировой уровень ведущих научных организаций на примере НИЦ «Курчатовский институт», а также освещена тема особенностей создания на территории Российской Федерации государственных научных центров и научных центров мирового уровня в рамках федерального проекта «Развитие научной и научно-производственной кооперации» национального проекта «Наука». В заключение выведен ряд закономерностей, свидетельствующих о потенциальной успешной возможности

научной организации (центра) претендовать на право иметь статус международного.

Abstract

The article presents a comparative analysis of foreign experience in creating, developing and bringing to the international level leading research centers located in countries recognized as leaders in the scientific, technological and innovative sphere for 2019, using the example of technopolises «Silicon valley» (USA), «Bagman Tech Park» (India), CERCA (Spain, Catalonia), Helmholtz Association (Germany) and Institut de Recherche pour le developement (France). The author studies the domestic experience of bringing leading scientific organizations to the world level on the example of the Kurchatov Institute research center, and also highlights the specifics of creating state scientific centers and world-class scientific centers on the territory of the Russian Federation within the framework of the Federal project «Development of scientific and production cooperation» of the national project «Science». In conclusion, a number of

regularities are derived that indicate the potential successful possibility of a scientific organization (center) to claim the right to have the status of an international one.

Ключевые слова: научные центры мирового уровня (НЦМУ); национальный проект «Наука»; международные научные центры; государственные научные центры (ГНЦ РФ); математические НЦМУ (МЦМУ); НЦМУ по приоритетам НТР; научные центры геномных исследований.

Keywords: world-class research centers; national project «Science»; international research centers; state research centers of the Russian Federation; world-class mathematical research centers on the priorities of scientific and technological development; world-class genomic research centers.

Введение

В настоящее время в мире существует ряд регионов, условно, являющихся центрами генерирования науки, технологий и инноваций, среди которых можно отметить – США, Западную Европу, Китай, Японию и Россию. Фактически, в каждом из них, соответственно, и в России, присутствуют организации, которые в рамках своей деятельности осуществляют научные исследования и разработки, актуальные для мирового научно-технического сообщества, и, соответственно, могут быть идентифицированы как научные центры мирового уровня.

Такие центры выступают в роли научного и технологического базиса обозначенных стран – лидеров. Причем научные центры мирового уровня неоднородны и отличаются большим разнообразием в части организационной структуры, схем финансирования, подходов к ведению научной деятельности и поддержки со стороны государства и коммерческих структур. Научные центры могут быть представлены высшими учебными заведениями, научными организациями, лабораторными комплексами и иными формами организации, которые могут существовать как обособленно, так и в составе консорциумов.

Среди наиболее известных консорциумов за рубежом можно отметить CERCA (Centres de Recerca de Catalunya), CNRS (Centre national de la recherche scientifique) и Helmholtz Association. CERCA – государственное учреждение правительства Каталонии, в составе которого передовые государственные научные центры. CNRS – крупнейшее французское научно-исследовательское учреждение, объединяющее государственные организации Франции. Helmholtz Association – крупнейшая немецкая научная организация, объединяющая девятнадцать научных центров.

Относительно России, целесообразно отметить, что признаки, согласно которым ту или иную организацию можно было бы причислить к «научному центру мирового уровня», до недавних пор не были утверждены и прописаны в каком-либо официальном документе, следовательно, обозначенный статус был формальным. Однако в рамках федерального проекта «Развитие научной и научно-производственной кооперации» национального проекта «Наука» [1] было запланировано «создание в Российской Федерации единой сети, включающей в себя не менее 15-ти научно-образовательных центров мирового уровня, 16-ти научных центров мирового уровня и не менее 14-ти центров компетенций НТИ» [2].

Цель настоящей статьи – изучить опыт создания и развития научных центров, имеющих статус международных, в России и за рубежом и вывести ряд закономерностей, позволяющих научным организациям выходить на мировой уровень и оставаться на нем востребованными. Достижение поставленной цели видится через решение следующих задач:

1) Сформировать актуальный рейтинг топ-20 стран-лидеров по публикационной (Incites) и инновационной активности (Global Innovation Index) и рейтинг топ-10 стран, являющихся так называемыми «the world's science and technology hotspots»;

2) Выбрать для анализа пять ведущих центров мирового уровня из числа стран сформированного рейтинга;

3) Вследствие анализа пяти ведущих зарубежных научных центров мирового уровня, обобщить и вывести факторы, позволяющие всемирно известным научным центрам за рубежом иметь статус международных научных центров и успешно на нем функционировать;

4) Сформировать рейтинг топ-10 отечественных организаций-лидеров по публикационной активности в международной базе цитирования Web of Science, выявить факторы, позволившие организации, занявшей 1-е место в рейтинге, выйти на международный уровень;

5) Исследовать опыт создания государственных научных центров (ГНЦ) в России;

6) Исследовать опыт создания научных центров мирового уровня в рамках национального проекта «Наука».

Инструменты исследования

Настоящее исследование было проведено в 6 этапов, на каждом из которых был использован различный инструментарий. При изучении опыта создания, развития и выведения на международный уровень зарубежных научных центров применены методы компаративного анализа.

Для оценки публикационной и инновационной активности использовался метод ранжирования. Построение рейтинга осуществлялось с помощью наукометрического инструмента Incites (<https://error.incites.clarivate.com/>), являющегося надстройкой международной реферативной базы данных Web of Science Core Collection, и с помощью индекса Global Innovation Index (<https://www.globalinnovationindex.org/Home>).

При выявлении факторов, способствующих выходу научного центра на мировой уровень, использовался метод индукции.

Результаты исследования

1. Опыт создания, развития и выведения на мировой уровень научных центров за рубежом

1.1 Топ-20 стран по публикационной и инновационной активности

Прибегая к использованию инструмента для профессионального библиометрического анализа – Incites, расчет показателей в котором осуществляется на основании данных реферативной базы Web of Science Core Collection, можно выделить страны с наибольшей публикационной активностью, тем самым выявив локализацию научных центров для дальнейшего анализа. Топ-20 стран по публикационной активности представлены на рис. 1.

Исходя из данных на рис. 1, можно сделать вывод, что наибольшая публикационная активность в мире зафиксирована в США (645 631 публикаций), Китае (506 273 публикаций), Великобритании (194 978 публикаций), Германии (153 237 публикаций), Японии (104 856 публикаций). Российская Федерация заняла 15-е место по числу публикаций в реферативной базе Web of Science Core Collection (50 444 публикаций).

Научный потенциал страны отчасти определяет ее инновационную активность. Для оценки инновационного развития государства применяют различные индексы, наиболее распространенным среди которых выступает глобальный индекс инноваций – Global Innovation Index (далее – индекс GIИ) [3]. Индекс GIИ рассчитывается по методике, предложенной международной бизнес-школой INSEAD (Франция), и состоит из 79 различных переменных, которые позволяют комплексно оценить инновационное развитие. Индекс рассчитывается как взвешенная сумма оценок 2-х групп показателей, одна из которых оценивает инновационный потенциал, другая – результаты осуществления инноваций. На рис. 2 представлен рейтинг стран мира по индексу инноваций за 2019 год.

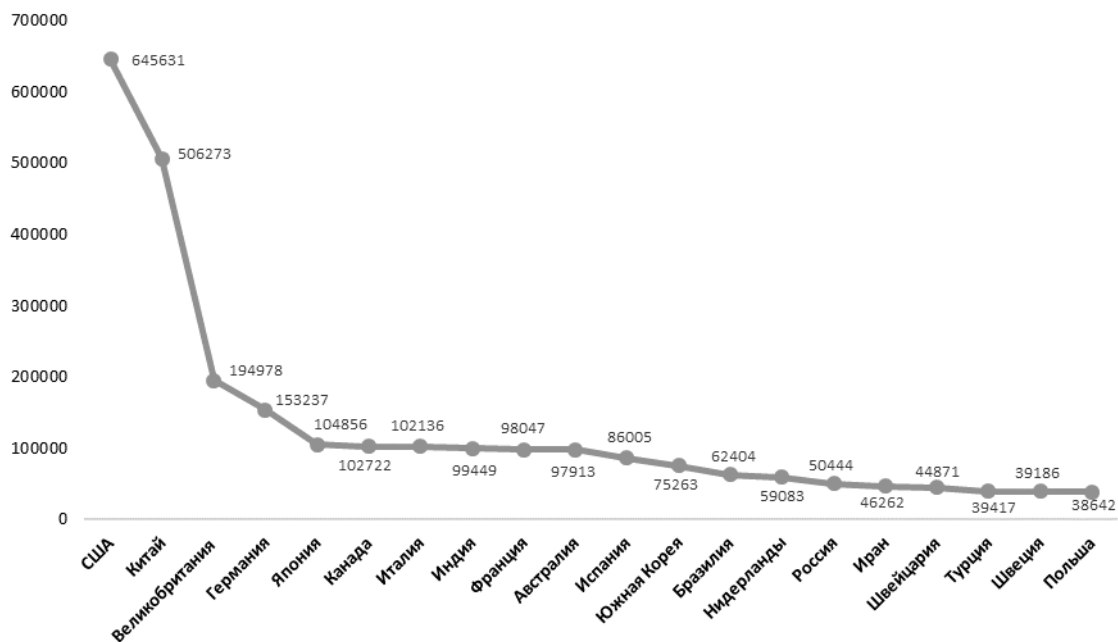


Рис. 1. Топ-20 стран мира по публикационной активности (данные Incites за 2019 г.)

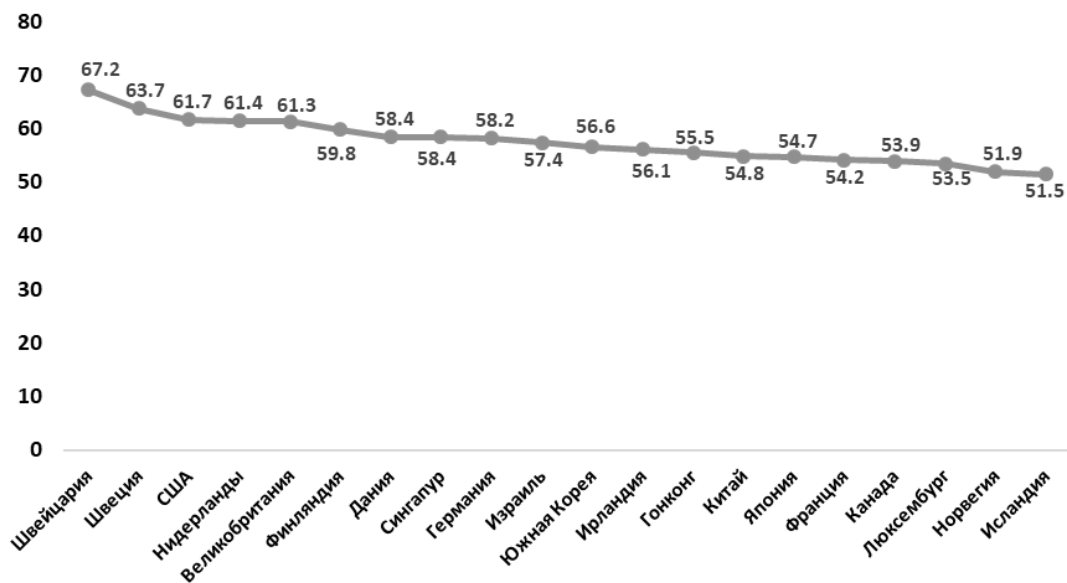


Рис. 2. Топ-20 стран мира по индексу ГИ (2019 г.)

Исходя из рис. 2, можно сделать вывод, что наибольшая инновационная активность в мире зафиксирована в Швейцарии (индекс ГИ – 68,4), Нидерландах (индекс ГИ – 63,3), Швеции (индекс ГИ – 63,1), Великобритании (индекс ГИ – 60,1) и Сингапуре (индекс ГИ – 59,8). Российская Федерация не вошла в рейтинг Топ-20 и в 2019 году заняла по данному показателю 46-ю позицию (индекс ГИ – 37,6).

Суммарно, из данных, представленных на рис. 1 и 2, можно выделить страны, отличающиеся наибольшей активностью в научной и инновационной сфере. В связи с чем, представленный ниже анализ проведен в отношении научных центров, расположенных, в том числе в обозначенных странах.

Помимо этого, в 2018 году учеными Корнельского университета был опубликован доклад «Глобальный инно-

вационный индекс 2018 г.», в котором представлен анализ инновационной деятельности в 126 странах и регионах мира. По критериям публикационной и патентной активности в данном докладе были выделены Топ-10 стран, являющихся так называемыми «the world's science and technology hotspots» – мировыми научными и технологическими «горячими точками» (Таблица 1). В таблице 1 внутри 10-ти стран-лидеров отмечены ведущие научные и технологические организации, лидирующие по числу публикаций и числу поданных заявок на получение международных патентов.

1.2 Компаративный анализ ведущих научных центров мирового уровня за рубежом

Технополис «Силиконовая (Кремниевая) долина» (США)

Одним из известнейших научных центров является технополис «Кремниевая долина». Интересен тот факт, что в США нет территориальной единицы под названием «Кремниевая долина». Этим названием определяется территория, где накоплен уникальный опыт по созданию и продвижению инновационных стартапов, наилучшая мировая площадка, на которой несколько десятков лет эффективно взаимодействуют венчурные компании, ученые, разработчики, стартаперы, открыты подразделения высокотехнологичных компаний с мировым именем и офисы ведущих СМИ [4].

Началом истории Кремниевой долины можно считать создание Стэнфордского технопарка. После окончания Второй мировой войны значительно увеличилось количество студентов обучающихся в Стэнфордском университете, что потребовало и увеличение финансов. Университету принадлежали большие, не подлежащие продаже, земельные территории (порядка 32 кв. км). В связи с чем, руководство университета приняло решение сдавать землю в долгосрочную аренду под офисные здания. Учебное заведение стало получать доход от земель-

ной ренты, а компании стали открывать офисы [4].

Преимущество по получению земли в аренду получили компании, имеющие технологическую и инновационную направленность, в связи с чем студенты Стэнфорда смогли получить работу недалеко от своего учебного заведения. Компании тоже получили свою выгоду в виде квалифицированного персонала – выпускников ведущего университета США. Наличие высококвалифицированных специалистов и возможность аренды земли для строительства офисов привлекло в Кремниевую долину крупные американские компании. Вскоре там же были открыты офисы «Eastman Kodak», «General Electric», «Shockley Semiconductor Laboratory», «Lockheed», «Hewlett-Packard» и других компаний [4].

Основатель Кремниевой долины – физик, лауреат Нобелевской премии 1956-го года Уильям Шокли. Во время работы в компании Bell Labs У. Шокли открыл транзисторный эффект и создал первый германиевый биполярный транзистор. В 1959-м году его ученик и будущий основатель фирмы Intel Роберт Нойс изобрел кремниевую интегральную схему. Сначала, интегральные схемы закупались только в рамках государственных заказов, однако, в середине 1960-х годов стоимость полупроводниковых интегральных схем резко упала, а спрос на них вырос. Это привело к значительным закупкам интегральных схем со стороны производителей компьютеров и промышленности.

Таблица 1 – Топ-10 стран, являющихся научными и технологическими «горячими точками» (доклад «Глобальный инновационный индекс 2018 г.»)

№ п/п	Локализация	Главный научный центр		Число публикаций, ед.	Ключевая научная область		Число поданных международных патентов, ед.	Главный технологический центр		Ключевая технологическая отрасль	
		Наименование	% от всех публикаций, %		Наименование	% от всех публикаций, %		Наименование	% от всех поданных международных патентов, %	Наименование	% от всех поданных международных патентов, %
1	Токио/Йокогама, Япония	Токийский университет	13,9	141 584	Физика	9,4	104 746	Mitsubishi Electric	6,8	Электротехника	9,8
2	Шэньчжэнь / Гонконг, Китай	Гонконгский университет	18,4	40 920	Инженерная техника	10,7	48 084	ZTE Corp.	30,4	Цифровые коммуникации	42,3
3	Сеул, Республика Корея	Сеульский национальный университет	16,3	130 290	Инженерная техника	7,5	37 118	LG Electronics	17,4	Цифровые коммуникации	15,8
4	Сан-Хосе/Сан-Франциско, США	Калифорнийский университет	38,2	90 238	Химия	6,6	36 715	Google	7,2	Компьютерные технологии	22,9
5	Пекин, Китай	Китайская академия наук	23,5	197 175	Химия	10,6	18 041	BOE Technology Group	21,1	Цифровые коммуникации	25,5
6	Осака/Кобе/Киото, Япония	Киотский университет	38,2	90 238	Химия	6,6	36 715	Киотский университет	10,3	Электромеханика	14
7	Бостон/Кембридж, США	Гарвардский университет	23,5	197 175	Химия	10,6	18 041	Гарвардский университет	6,4	Фармацевтика	16,9
8	Нью-Йорк, США	Колумбийский университет	13,3	129 214	Общая медицина и медицина внутренних болезней	6	12 032	Honeywell	4,7	Фармацевтика	14,4
9	Париж, Франция	Национальный центр научных исследований	22,2	94 073	Физика	7,6	13 318	L'Oréal	8	Транспорт	11,6
10	Сан-Диего, США	Калифорнийский университет	51,4	34 340	Химия	6,6	18 217	Qualcomm	57,3	Цифровые коммуникации	30

В результате, к отрасли стал проявлять интерес венчурный капитал, и в Кремниевой долине стали открываться офисы венчурных компаний [4].

Технополис «Багман Тех Парк» (Индия)

Багман Тех Парк – мировой лидер в области IT-аутсорсинга. Выведение индийского IT-аутсорсинга на мировой уровень можно считать заслугой двух компаний: Infosys (частная) и Keonics (полугосударственная), глава которой Рам Кришна Балига мечтал о создании в Индии компьютерного технополиса мирового уровня, аналогичного калифорнийской «Силиконовой (Кремниевой) долине» [5].

Глава технополиса Рам Кришна Балига предложил главе штата Карнатака технократу Девараджу Урсу построить технополис, на территории которого могли арендовать землю только высокотехнологические компании мирового уровня. И уже в 1976 году из бюджета штата были выделены средства на строительство технополиса, а также земли к югу от Бангалора. Проект позиционировал себя как «электронный город» – площадка, открытая для высокотехнологичных фирм. У технополиса была своя электростанция, современные телекоммуникационные каналы, свободные помещения под аренду. Однако, мировые инновационные компании не слишком хотели открывать свои офисы в Electronics City, в связи с чем годовая ставка для аренды земли в технополисе первоначально была очень низкой – 40 074,75 руб. за акр (1 акр = 4046,86 м²). В настоящее время аренда поднялась до 4 463 900 руб. В Бангалоре открыты представительства 116-ти крупных компаний, в том числе таких мировых лидеров как Infosys, Wipro, Motorola, Hewlett-Packard и др. Все это стало возможным благодаря вмешательству высокопоставленных индийских чиновников – премьер-министра Индии и министра финансов, увидевших в зарождающемся аутсорсинге отличную возможность по привлечению иностранных инвестиций в страну. Сейчас Бангалор является столицей ми-

рового IT-аутсорсинга, в несколько раз опережая по количеству заказов следующие в рейтинге две страны – Китай и Россию [5].

CERCA (Испания, Каталония)

CERCA – группы передовых научных центров, базирующихся в Каталонии. Управляет группой головная организация I-CERCA, основной целью которой является обеспечение развития системы каталонских исследовательских центров; поддержка и максимальное взаимодействие, координация между центрами в рамках стратегического сотрудничества; улучшение позиционирования, видимости и влияния исследований, проводимых этими центрами, облегчение их взаимодействия с различными государственными и частными структурами [6].

Программа CERCA была запущена в 2005 году правительством Каталонии с целью продвижения деятельности существующих в то время каталонских исследовательских центров. Для этих научно-исследовательских институтов, имеющих разный структурный состав, были определены общие руководящие принципы совместной работы. Для получения статуса центра группы CERCA учреждение должно выполнить ряд условий, гарантирующих качество работы и превосходство его научных результатов. Помимо прочего, учреждению необходимо иметь собственный правовой статус, оно должно быть некоммерческим органом и должно быть создано при участии каталонской администрации. Научная оценка является одним из основных направлений деятельности, координируемых и продвигаемых I-CERCA. Каждые пять лет центры должны проходить полную научную оценку со стороны внешнего органа (международного комитета) для подтверждения статуса члена CERCA. Оценка проводится в соответствии с принципами прозрачности и независимости [6].

Международный комитет состоит из независимых ученых мирового уровня, назначенных каждым из центров CERCA. Комитет посещает штаб-квартиру центра, проводит собеседования с ответственными лицами и оценивает работу на соответствие целям за последние три года деятельности. В частности, оценивает оборудование, список исследователей, научные результаты, административное управление, а также наглядность и значимость научных результатов. Ежегодно CERCA присуждает награды Pioneer Awards исследователям, защитившим в течение последних 18 месяцев докторскую диссертацию, которая четко ориентирована на запуск и продвижение технологии или продукта, являющегося перспективным в промышленном или коммерческом смысле в рамках государственной политики. Каталонское правительство финансирует приблизительно 25% общего бюджета центров CERCA. Остальная часть бюджета поступает от членов группы, конкурсных проектов, частных контрактов и меценатских мероприятий [6].

Helmholtz Association (Германия)

Объединение им. Гельмгольца – крупнейшая немецкая научная организация, основная цель деятельности которой – достижение долгосрочных научно-исследовательских целей государства и общества, сохранение и улучшение основ жизнедеятельности человека. Helmholtz Association работает над решением глобальных проблем общества, науки и экономики путём реализации стратегических программ исследований по шести направлениям: энергия; земля и экология; здравоохранение; авиация, космос и транспорт; ключевые технологии. В состав Объединения им. Гельмгольца входят 19 естественно-научных и медико-биологических исследовательских центров, в которых работает более 40 000 сотрудников. Годовой бюджет Объединения им. Гельмгольца составляет 4,5 млрд. евро, из них приблизительно 70 %

государственное финансирование в лице федерального Правительства и Правительств федеральных земель, а оставшиеся 30 % поступают в научные центры организации от третьих лиц, в частности, в виде грантов и других видов конкурсного финансирования (от структур Евросоюза и т. д.) [7].

В научных учреждениях организации работают выдающиеся ученые, в том числе нобелевские лауреаты. Одной из причин высокой цитируемости научных статей, выпущенных учеными Helmholtz Association, является подписание организацией Берлинской декларации 2003 года об открытом доступе к знаниям в области естественных и гуманитарных наук.

Institut de Recherche pour le Developpement (Франция)

Научно-технический исследовательский институт, проводящий исследования в интересах министерств Франции. Организация участвует в научно-технических исследованиях в рамках соглашений, подписанных между Францией и некоторыми развивающимися странами (в основном бывшими французскими колониями). Целевая направленность исследовательских программ – обеспечение помощи развивающимся странам в области развития социальных наук (географии, социологии), медицины (инфекционные заболевания, основные эндемические заболевания, питание, окружающая среда) и науки о природе (гидрология, геофизика, ихтиология и др.) [8].

Причиной создания института в 1944 году стала необходимость возникновения управления, деятельность которого была бы нацелена на сплочение и обновление потрясенной войной колониальной империи. Со временем управление разрослось до научно-исследовательского офиса колоний, имеющего сеть подразделений по всем колониям Франции. В данные подразделения потянулись ученые, желавшие развивать себя в областях исследований, проводимых офисом. С 1998 года офис

преобразовался в Исследовательский институт развития (IRD). Помимо штаб-квартиры в Марселе, в 2017 году сеть расширилась до десятка новых стран. Таким образом, по состоянию на конец 2017 года IRD имел обширную сеть представительств в 40 странах [8].

В 2017 году штат IRD включает в себя 2013 сотрудников, из которых 833 ученых - исследователя и 1180 инженеров и техников, 66 исследовательских подразделений, 40 представительств за рубежом. Также, на момент окончания 2017 года, IRD владеет 69 активными семействами патентов, поддержал более ста бизнес-проектов, провел 3 выставки, выпустил 30 научно-документальных фильмов, опубликовал 15 книг и участвовал в 295 мероприятиях по научной культуре. В 2017 году его исследователи написали 4449 научных публикаций. Существует несколько баз данных, в том числе полнотекстовая документальная база данных Horizon, которая содержит 90 000 документов из исследований IRD, включая 6 000 бесплатных. В таблице 2 обобщены факторы, которые позволяют зарубежным научным центрам иметь статус международных научных центров и успешно на нем функционировать [8].

2. Опыт создания, развития и выведения на мировой уровень научных центров в России

2.1 Отечественные организации-лидеры по публикационной активности в международной базе Web of Science

Если рассматривать понятие «научный центр» в более широком понимании, то к нему целесообразно относить все организации с высоким уровнем научной деятельности. Для формальной оценки результативности научной деятельности организаций применяется ряд наукометрических показателей, например, число научных публикаций в международных реферативных базах Web of Science Core Collection и Scopus. Согласно данным

наукометрического аналитического инструмента Incites, по состоянию на 2019 г. в ТОП-10 российских организаций, по количеству научных публикаций в базе Web of Science, входят организации, представленные в таблице 3. Ведущим научным центром по публикационной активности в России в 2019 году стал НИЦ Курчатовский институт.

Курчатовский институт был основан как Лаборатория № 2 Академии наук СССР для решения важной государственной задачи – разработка ядерного оружия. Создав в 1949 году первую советскую атомную бомбу, а в 1953 году – первый в истории термоядерный заряд, Курчатовский институт гарантировал мир между крупнейшими державами, укрепив обороноспособность и безопасность нашей страны в плане ядерной угрозы со стороны США.

Академики И.В. Курчатов и А.П. Александров вместе со своей командой положили начало мирного использования ядерной энергии. Они работали над открытием новых направлений для использования ядерных технологий. Атомная энергетика, ядерная медицина, реакторы для ледоколов, управляемый термоядерный синтез и многое другое вывели институт на мировой научный уровень. Изобретения и технологии Курчатовского института используют для реализации многих научных проектов, в которых Россия занимает ведущие позиции.

Сегодня институт работает как лаборатория, объединяющая в себе многие научные направления. Многотысячным коллективом института создаются передовые производственные технологии, очень важные для российской экономики.

Главными научными направлениями института являются: безопасная ядерная энергетика, плазменные процессы и управляемый термоядерный синтез, физика твердого тела и сверхпроводимость, мезонная химия, ядерная физика низких и средних энергий. Курчатовский институт проводит исследо-

вания в области молекулярной физики, химической физики, физики и химии плазмы, физической и неорганической химии, промышленной безопасности, экологии, элементной базы микроэлектроники, информатики и пр.

Интересной особенностью развития Курчатовского института является то, что по многим научным направлениям, зародившимся в его стенах, были открыты отдельные НИИ.

Таблица 2 – Факторы, обеспечивающие статус «научный центр мирового уровня» научным центрам за рубежом

№ п/п	Факторы обеспечения статуса «научный центр мирового уровня»	Зарубежные научные центры				
		Технополис «Кремниевая долина»	«Багман Тех Парк»	CERCA	Helmholtz Association	Institut de Recherche pour le Developpement
		США, штат Калифорния	Индия	Испания, Каталония	Германия	Франция
1	Недорогие высококвалифицированные трудовые ресурсы	Да	Да	Нет	Нет	Нет
2	Низкая стоимость аренды земли под строительство офисов	Да	Да	Нет	Нет	Нет
3	Привлечение крупных ученых, которые впоследствии изобрели продукт большой промышленной и коммерческой важности	Да	Нет	Нет	Да	Да
4	Мощное венчурное финансирование	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
5	Сосредоточение ведущих мировых инновационных компаний	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
6	Предложение услуг международного аутсорсинга	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
7	Избирательное право земельной и инфраструктурной аренды (аренда земли и инфраструктуры разрешена только высокотехнологичным компаниям)	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
8	Государственная поддержка и финансирование	Нет	Да	Да	Да	Да
9	Совместная научная деятельность нескольких ведущих научных организаций	Нет	Нет	Да	Да	Нет
10	Стимулирование деятельности ученых, ведущих прикладные исследования, в перспективе успешно коммерциализуемые и полезные для целей промышленности	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
11	Жесткие критерии оценки кандидатов на вступление в группу CERCA со стороны внешнего независимого органа	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
12	Свободный доступ к научным работам, выпущенным членами Helmholtz Association	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
13	Финансирование проектов со стороны стран Евросоюза	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
14	Широкая сеть представительства за рубежом	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
15	Активная PR-деятельность (участие во всевозможных международных мероприятиях)	Нет	Нет	Нет	Да	Нет

Таблица 3 – Количество публикаций российских научных организаций в международной реферативной базе данных Web of Science (топ-10 организаций)

п/п	Наименование организации	Количество публикаций в 2019 г.
1	Национальный исследовательский центр Курчатовский институт	1697
2	Объединённый институт ядерных исследований	1141
3	Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН	1052
4	Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН	932
5	Петербургский институт ядерной физики имени Б.П. Константинова	611
6	Институт теоретической и экспериментальной физики	533
7	Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН	499
8	Институт биоорганической химии имени М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН	464
9	Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН	454
10	ФГБУН институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН	449

У института открывались филиалы, которые впоследствии становились самостоятельными научными организациями. Например, филиал для исследований в области физики высоких энергий со временем стал известным НИИ – «Объединенный институт ядерных исследований» в Дубне. Такие известные научные организации как «Институт атомных реакторов», «Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», «Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова» также являются бывшими филиалами Курчатовского института.

Курчатовский институт является прародителем российской части сети Интернет - Рунет. 1 августа 1990 года в стенах института была построена компьютерная сеть «Релком». В последствии, компания «Релком» и компания «Демос»

объединили свои сети на территории СССР в одну и связали её с международной по телефонному каналу. 19 сентября 1990 года был зарегистрирован советский домен SU [9].

Среди факторов, позволяющих институту поддерживать мировой уровень, можно отметить:

- 1) в институте работают выдающиеся ученые с мировым именем;
- 2) исследования ведутся в области передовых глобальных научных направлений;
- 3) 75- летний опыт в области атомной физики, сформировавшиеся научные школы и коллективы, большое число наработок;
- 4) участие в крупнейших научных проектах: ITER, CERN, XFEL, FAIR;
- 5) передовые лаборатории, оснащенные новейшим оборудованием;

б) открытый доступ к передовым научным библиотекам мирового уровня.

2.2 Опыт создания государственных научных центров в России

Помимо этого, в России создана и в настоящее время активно функционирует сеть государственных научных центров, которая выступает в роли важнейшего элемента национальной научной и инновационной системы. Впервые статус государственных научных центров (далее – ГНЦ РФ) был введен в 1993 году Указом Президента России [10]. Создание такого рода центров было реализовано с целью сохранения в России существующих ведущих научных коллективов и школ, известных на мировом уровне, а также с целью развития научного потенциала России в области фундаментальных и прикладных исследований. Таким образом, исторически сложилось, что статус ГНЦ РФ – это возможность не только сохранить, но и преумножить имеющийся у научной организации потенциал и получить дополнительные стимулы к развитию.

Статус ГНЦ РФ может быть присвоен предприятию, учреждению или организации науки, а также высшему учебному заведению при четырех условиях:

- 1) расположение на территории Российской Федерации;
- 2) присутствие опытно-экспериментального оборудования;
- 3) наличие в штате высококвалифицированных кадров;
- 4) признанные международным научным сообществом результаты исследований.

Согласно распоряжению Правительства РФ от 06.06.2019 № 1221-р «О перечне научных организаций, за которыми сохраняется статус государственного научного центра Российской Федерации» [11], на территории Российской Федерации в настоящее время функционируют 42 ГНЦ РФ, локализованных на территории 7 субъектов РФ – Калужской, Ленинградской, Новоси-

бирской, Ульяновской, Московской областей, включая Москву и на территории Краснодарского края. Среди 42 организаций числятся в 2019 году следующие: ААНИИ; ВИАМ; ВИР; ВНИИМ им. Д.И. Менделеева; ВНИИМЕТМАШ; ВНИИНМ; ВНИИФТРИ; Гидрометцентр России; ГНИИХТЭОС; ГНЦ ВБ «Вектор»; ГосНИИАС; ГосНИИгенетика; ГосНИИОХТ; ИМБП РАН; Институт иммунологии ФМБА России; Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»; Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»; Крыловский центр; ЛИИ им. М.М. Громова; НАМИ; НИИАР; НИФХИ им. Л.Я. Карпова; НИЦ «Курчатовский институт»; НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ; НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ; НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»; НПК «Технологический центр»; НПО «Орион»; НПО «ЦНИИТМАШ»; ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина; РНЦ «Прикладная химия»; ТРИНИТИ; ФМБЦ им. А.И. Бурназяна; ФЭИ; ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского; Центр Келдыша; ЦИАМ им. П.И. Баранова; ЦНИИ РТК; ЦНИИХМ; ЦНИИчермет им. И.П. Бардина; ЦТСС; Южморгеология.

ГНЦ РФ в настоящее время имеют ведомственную принадлежность 16 организаций. В ведении Минобрнауки – 4 центра, НИЦ «Курчатовский институт» – 4 центра, «Росатома» – 7 центров, Федеральной службы по техническому и экспортному контролю – 1 центр, «Роскосмоса» – 1 центр, Минпромторга – 8, Росстандарта – 2, «Ростеха» – 4, Роспотребнадзора – 1 центр, ФМБА – 2, Минприроды – 1, Росгидромета – 2, ФАНО – 2 центра. Четыре ГНЦ находятся в ведении различных акционерных обществ (рис. 3) [12].

С 1995 года существует созданная по инициативе организаций, получивших статус ГНЦ РФ, некоммерческий консолидирующий орган – Ассоциация государственных научных центров «НАУКА».

Среди главных направлений научно-технической деятельности существующих ГНЦ РФ такие ключевые направления как:

- атомная и ядерная физика;
- химия, материаловедение (новые виды материалов) и металлургия;
- фото- и оптоэлектроника, электротехника;

- информатика, робототехника и приборостроение;
- биотехнологии, вирусология, микробиология, медико-биологические проблемы, селекция и генетика;
- транспорт, машиностроение и судостроение;
- освоение космоса и авиация;
- навигация, акустика, гидрогеология, метеорология.

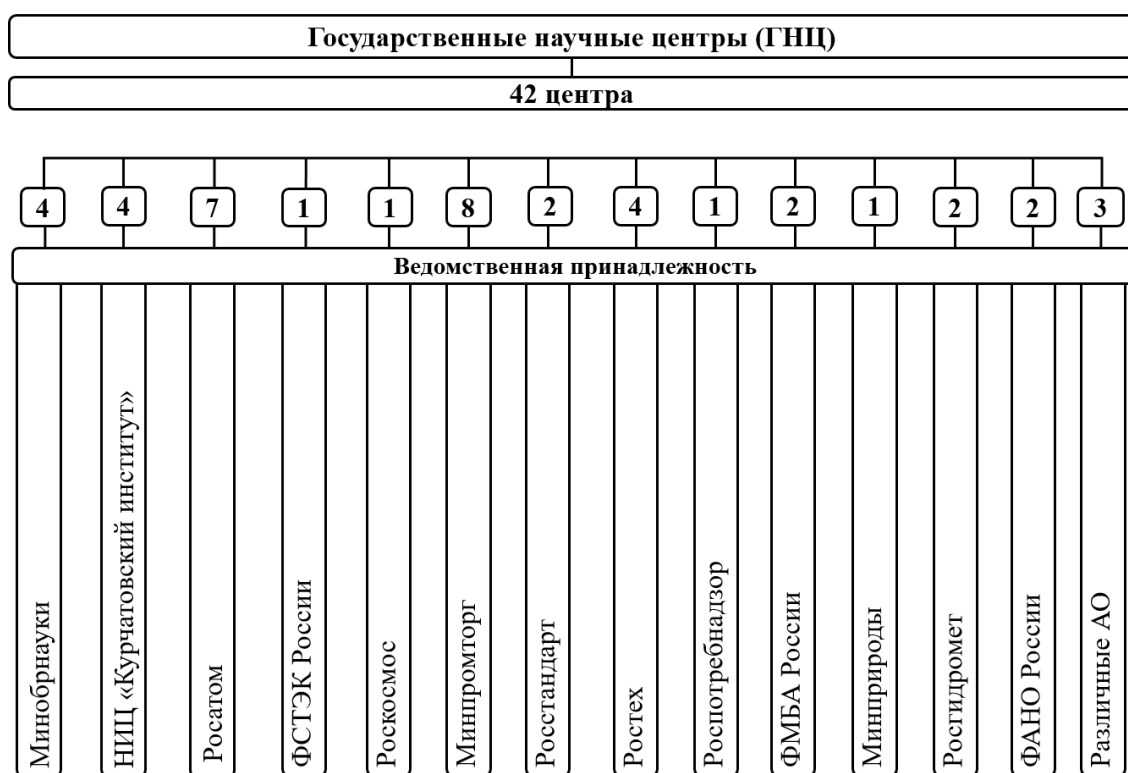


Рис. 3. Ведомственная принадлежность ГНЦ РФ

В большинстве своем, функционирующие ГНЦ РФ в структуре имеют как исследовательскую, так и технологическую базу, позволяющие выполнять полный цикл работ, начиная от фундаментальных исследований и заканчивая созданием, освоением и внедрением в промышленность новых технологий.

Высшим руководящим органом Ассоциации выступает Общее собрание членов Ассоциации (далее – Общее собрание), которым избирается Совет Ассоциации и его председатель, который получает статус Президента Ассоци-

ции. Оперативное руководство деятельностью Ассоциации реализуется Генеральным директором, избираемым Общим собранием. В настоящее время должность Президента Ассоциации занимает академик РАН Е.Н. Каблов, а должность генерального директора – М.И. Дасковский.

На первых этапах сохранить научные организации с уникальным опытно-экспериментальным оборудованием, научными работниками и специалистами высокой квалификации, имеющие международное признание научной

и научно-технической деятельности позволила адресная целевая государственная поддержка. Однако в 2005 году структура федерального бюджета претерпела изменения и целевое бюджетное финансирование исследований и разработок, выполняемых ГНЦ РФ, было прекращено.

В настоящее время научная деятельность ГНЦ РФ реализуется в рамках государственных проектов, программ и подпрограмм. Кроме того, ГНЦ РФ практикуют кооперацию с институтами РАН и с иными научными организациями Российской Федерации, а также ГНЦ РФ принимают активное участие в международном научно-техническом сотрудничестве и являются членами крупнейших международных организаций (МАГАТЭ, Международный союз материаловедческих обществ, Комиссия Европейских сообществ, Всемирная метеорологическая организация и др.) [13].

Результативность ГНЦ РФ описывается 12-ю показателями, освещаемыми и размещенными в свободном доступе на сайте <http://agnc.ru>:

1. Количество сотрудников, выполняющих научные исследования и разработки;
2. Количество сотрудников с ученой степенью;
3. Количество исследователей;
4. Количество публикаций в РИНЦ;
5. Количество цитирований в РИНЦ;
6. Количество авторов публикаций в РИНЦ;
7. Количество авторов публикаций в РИНЦ за 5 лет;
8. Количество авторов, зарегистрированных в Science Index;
9. h-индекс по публикациям в РИНЦ;
10. g-индекс;
11. i-индекс;
12. Общее количество научных, конструкторских и технологических произведений.

2.3 Создание научных центров мирового уровня в России и выведение их на мировой уровень

Развитие научно-технической сферы и инновационной системы становится важной частью государственной политики России. Правительство утвердило стратегию научно-технологического развития нашей страны, тем самым определив приоритетные направления, которые должны вывести Россию в мировые научно-технологические лидеры. Стартовал крупный национальный проект «Наука», реализация которого должна позволить России к 2024 году войти в ТОП-5 стран по научному развитию.

Для достижения этих целей в национальном проекте «Наука» обозначен ряд задач. Так, например, в России до 2024 год должны быть созданы научные центры мирового уровня, включающие сеть международных математических центров, центров геномных исследований, а также центров, выполняющих исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития.

В 2019 году в России создано 4 международных математических центра мирового уровня и 3 центра геномных исследований. Планируется создать ещё 9 центров, выполняющих исследования по приоритетам НТР.

Плановые показатели для сети НЦМУ к 2024 году в соответствии с федеральным проектом «Развитие научной и научно-производственной кооперации» национального проекта «Наука» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Ожидаемые показатели деятельности НЦМУ к 2024 г. [4]

Показатели деятельности центров	Планируемое значение показателя к 2024 году
Молодые исследователи и обучающиеся приняли участие в реализуемых научными центрами мирового уровня образовательных, научных и (или) научно-технических программах и проектах	9200
Увеличено количество российских и зарубежных ведущих ученых, работающих в научных центрах мирового уровня совместно с учеными из других научных организаций Российской Федерации по каждому из направлений исследований и разработок научных центров мирового уровня, созданных в 2020 и 2021 годах	в 1,3 раза
Количество работ, опубликованных в журналах, индексируемых в международных базах данных (Web of Science Core Collection/Scopus), первого и второго кварталов (суммарное число публикаций, вышедших к 2024 году в авторстве научных сотрудников центров), не менее	725
Загрузка научного оборудования в центрах геномных исследований, а так же в научных центрах мирового уровня, выполняющих исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития (отношение фактического времени работы научного оборудования к максимально возможному времени его работы за год), не менее	75%
Доля исследований в центрах, осуществляемых под руководством молодых перспективных исследователей, не менее	15%

НЦМУ создаются на базе ведущих российской образовательных и научных организаций, имеющих огромный научный потенциал. В тоже время для выведения их на мировой уровень, помимо государственной поддержки, авторы статьи предлагают при создании и развитии НЦМУ учитывать следующие факторы, которые были выявлены в результате проведенного исследования:

1. Привлечение в НЦМУ ведущих ученых, имеющих большой опыт работы по направлениям деятельности центров;
2. Совместная научная деятельность с другими ведущими научными и образовательными организациями;
3. Открытие филиалов за рубежом;
4. Проводимые центрами фундаментальные исследования должны быть связаны с прикладными исследованиями, нацеленными на коммерциализацию результатов;
5. Привлечение венчурного финансирования;

6. Активная PR деятельность (участие во всевозможных международных мероприятиях);
7. Жесткие критерии отбора и последующего контроля организаций, участвующих в создании НЦМУ;
8. Создание международного наблюдательного совета, который будет контролировать и оценивать научную деятельность НЦМУ.

Выводы

Исходя из выше проведенного анализа отечественного и зарубежного опыта можно выделить ряд факторов, обеспечивающих потенциально успешную возможность выхода научной организации на мировой уровень.

Таким образом, для выхода на мировой уровень организация должна отвечать следующим критериям:

1. Организация должна иметь достойное финансирование. Средства должны поступать как из государственного бюджета, так и со стороны венчурных инвестиций, получения грантов, конкурсных проектов, частных контрактов и меценатских мероприятий.
2. Часть научных исследований организации должна быть направлена на коммерчески выгодные проекты, то есть должны быть не только фундаментальные исследовательские проекты, но и прикладные.
3. Научные проекты, реализуемые центром, должны проходить под руководством выдающихся ученых, известных на мировом уровне и имеющих подтвержденные научные достижения в исследуемой области.
4. План научных исследований организации, претендующей на статус научного центра мирового уровня, должен быть согласован с каким-либо независимым органом. Причем данным органом может выступить как уже существующая организация такая как, например, Российская академия наук, так и специально созданная для целей оценки, экспертизы и координации научных центров новая организация.
5. Обязательным фактором должен быть высокий уровень оснащенности материально-технической базы – наличие передового высокотехнологичного оборудования и хорошо оснащенных лабораторий.
6. Организация должна иметь открытый доступ к передовым научным библиотекам мирового уровня.
7. Организация должна вести активное участие в международных научных мероприятиях в целях обмена опытом.
8. Организация должна стремиться устанавливать новые и укреплять имеющиеся связи с зарубежными учеными путем участия в совместных научно-исследовательских проектах и написания совместных публикаций, а также через другие механизмы взаимодействия.
9. Организация должна быть нацелена на привлечение молодых ученых (как российских, так и иностранных), особенно имеющих дипломы престижных зарубежных вузов, а также имеющих опыт работы в ведущих научно-исследовательских центрах.
10. В целях привлечения молодых ученых организации, претендующие на статус международных научных центров, должны находиться в территориальной близости от ведущих высших учебных заведений, осуществляющих полный цикл подготовки кадров (бакалавриат / специалитет => магистратура => аспирантура => ординатура => докторантура).
11. Ученые, числящиеся в организации, должны иметь публикации в международных научных базах цитирования (Web of Science, Scopus), отражающие результаты научных исследований, актуальные и потенциально значимые для международного научного и технического сообщества.

Исследование выполнено в рамках государственного задания РИЭПП за 2020 год «Организационно-техническое и научно-методическое обеспечение создания и развития сети научных центров мирового уровня (НЦМУ), в том числе международных математических цен-

тров, центров геномных исследований и центров, выполняющих исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития» (государственное задание № 720000Ф.99.1.Б377АА00000).

Литература

1. Паспорт национального проекта «Наука» от 24.12.2018 № 16 / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVsuy2Yk7D8hvQbpUSwO8y.pdf>.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.04.2019 № 538 «О мерах государственной поддержки создания и развития научных центров мирового уровня (вместе с Правилами предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научных центров мирового уровня, включая международные математические центры, центры геномных исследований, а также научные центры мирового уровня, выполняющие исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития)» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://нцму.рф/upload/iblock/299/%D0%9F%D0%9F%20538-2.pdf>.
3. Глобальный инновационный индекс 2018. Заряжая мир энергией с помощью инноваций / Cornell University, INSEAD, WIPO // [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4330&plang=EN>.
4. Силиконовые (кремниевые) долины в странах мира. Справка / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ria.ru/20100322/215804007.html>.
5. Технологический парк Bagmane / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://travel.sygic.com/ru/poi/tehnologiceskij-park-bagmane-poi:33605>.
6. Технологический центр Каталонии – CERCA / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://cerca.cat/en/objectives>.
7. Главная страница. Ассоциация немецких исследовательских центров им. Гельмгольца / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.helmholtz.de/en/home>.
8. Научно-исследовательский институт развития / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://umr-developpement-societes.univ-paris1.fr>.
9. Официальный сайт национального исследовательского центра «Курчатовский институт» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nrcki.ru>.
10. Указ Президента Российской Федерации от 22 июня 1993 г. № 939 «О государственных научных центрах Российской Федерации (с изменениями и дополнениями)» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/123024>.
11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.06.2019 № 1221-р «О перечне научных организаций, за которыми сохраняется статус государственного научного центра Российской Федерации» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-06062019-n-1221-r-o-perechne>.

12. Государственным научным центрам готовят новую роль / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://iz.ru/news/672604>.
13. Ассоциация государственных научных центров «НАУКА» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://agnc.ru>.
14. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 октября 2019 г. № 2535-р «Об утверждении перечня организаций, на базе которых создаются центры геномных исследований мирового уровня» / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72845274>.

**СПЕЦИФИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ
МОНОГОРОДОВ – ТЕРРИТОРИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ**

**SPECIFICS AND DEVELOPMENT TECHNOLOGY OF INFORMATION
SUPPORT OF PERSONNEL ADVANCED TRAINING SYSTEM OF SINGLE-
INDUSTRY – TERRITORIES OF ADVANCED DEVELOPMENT**

*Захарова Александра Александровна / Alexandra A. Zakharova ,
профессор, Юргинский технологический институт (филиал) Национального
исследовательского Томского политехнического университета,
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники /
Professor, Yurga Institute of Technologies (affiliated) National Research Tomsk
Polytechnic University, Tomsk State University of Control
Systems and Radioelectronics,
aaz@tpu.ru*

*Гребенюк Ян Валерьевич / Yan V. Grebenuik ,
студент, Юргинский технологический институт (филиал) Национального
исследовательского Томского политехнического университета / student, Yurga
Institute of Technologies (affiliated) National Research Tomsk Polytechnic University*

*Захаров Леонид Юрьевич / Leonid Yu. Zakharov,
студент, Томский государственный университет систем управления и радио-
электроники / student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*

Аннотация

В статье на основе обзора литературы показывается важность организации сетевого взаимодействия основных участников подготовки кадров моногородов – территорий опережающего развития, как неотъемлемого условия социально-экономического развития моногорода и принятия эффективных управленческих решений. Рассматривается проблема информационного обеспечения системы опережающей подготовки кадров моногорода на базе современных цифровых технологий. На основе выявленной специфики процессов информационного взаимодействия сформулированы требования к информационному обеспечению системы опережающей подготовки кадров моногорода, разработаны методологические основы и технология цифровой под-

держки мониторинга и принятия решений в системе опережающей подготовки кадров для моногородов-ТОР, предложены принципы и технология проектирования информационной системы опережающей подготовки кадров моногорода.

Abstract

Based on a literature review, the article shows the importance of organizing networking between the main participants in the training of single-industry towns - territories of advanced development, as an integral condition for the social and economic development of a single-industry town and effective decision-making. The problem of information support of the system of advanced training of a single-industry town based on modern digital technologies is considered. Based on the identified specifics of the processes of in-

formation interaction, the requirements for information support for the system of advanced training for a single-industry town are formulated, methodological foundations and technology for digital support for monitoring and decision-making in a system of advanced training for single-industry towns are developed, the principles and technology of designing of information system for advanced training of a single-industry towns are proposed.

Ключевые слова: моногород, территория опережающего развития, система опережающей подготовки кадров, сетевое взаимодействие, принятие решений, информационное обеспечение, информационная система, информационная модель.

Keywords: single-industry town, territory of advanced development, advanced training system, network interaction, decision-making, information support, information system, information model.

Введение

С 2014 года в России реализуются меры государственной поддержки территорий опережающего развития (ТОР) для оказания значительного влияния на социально-экономическую ситуацию в моногородах путем создания выгодных условий ведения бизнеса в целях привлечения инвестиций в экономику города, формирования конкурентной с ключевыми деловыми центрами Азиатско-Тихоокеанского региона среды [1]. При этом экономическое развитие моногородов связывается с диверсификацией экономики города, расширением номенклатуры продукции и услуг предприятий города, переориентацией рынков сбыта, созданием новых инновационных производств и повышением эффективности существующих за счет внедрения новых инновационных технологий. В связи с этим, для органов региональной власти и муниципалитетов моногородов-ТОР, наравне с задачей привлечения инвесторов в ТОР, стоит задача создания системы опережающей подготовки кадров, которая обеспечит

формирование кадрового потенциала города, соответствующего требованиям инновационного производства, способного обеспечить не только текущие, но и прогнозные потребности рынка труда моногорода.

Отметим также, что зачастую моногородам присуща проблема миграции трудоспособного населения в другие регионы и города с более развитой экономикой, и, соответственно, потенциалом для реализации профессиональных компетенций и карьерных целей. В связи с этим особое значение приобретает понимание процесса принятия решений индивидуумом при выборе своей образовательной и карьерной траектории. При этом должна ставиться задача согласования интересов всех субъектов, связанных с рынками образования и труда моногорода и оказывающих прямое или косвенное влияние на выбор образовательной траектории: индивидуума, работодателей, учебных заведений, органов регионального и муниципального управления, социальных групп общества и др.

В условиях цифровой экономики эффективная практическая реализация системы опережающей подготовки инженерно-технических кадров, а также процессы принятия управленческих решений всеми субъектами системы не возможны без применения информационных технологий, обеспечивающих процессы мониторинга и принятия решений и сетевого взаимодействия участников процесса подготовки кадров. В связи с этим актуальна задача разработки методологических основ создания средств информационного обеспечения процессов принятия решений в системе опережающей подготовки кадров моногорода.

В данной статье поставлены следующие задачи исследования:

1. Показать важность сетевого взаимодействия основных субъектов опережающей подготовки моногорода-ТОР для формирования как можно более полного единого информационного

«поля» при принятии решений субъектами подготовки кадров.

2. Выявить специфику и основные требования к информационному обеспечению системы опережающей подготовки кадров моногорода.

3. Разработать методологические основы и технологию цифровой поддержки мониторинга и принятия решений в системе опережающей подготовки кадров для моногородов-ТОР, обеспечивающей информационные потребности участников сетевого взаимодействия.

4. Разработать принципы и технологию проектирования информационного обеспечения.

Данная статья является первой из серии статей, посвященных разработке математического и программного обеспечения для системы опережающей подготовки кадров моногорода, обеспечивающей сетевое взаимодействие ее участников, поддержку принятия решений в условиях неопределенности среды, прогнозирование отдельных составляющих принятия решений для каждого из субъектов: органы власти, учебные заведения, работодатели, индивидуумы.

1. Аналитический обзор существующих подходов, методов и моделей информационного обеспечения опережающей подготовки кадров

Целью исследования является разработка методологических основ цифровой поддержки мониторинга и принятия решений, являющейся основой для выявления закономерностей развития и прогнозирования развития системы подготовки кадров для моногородов-территорий опережающего развития. В соответствии с этим обзор подходов, методов и моделей информационного обеспечения будет структурирован по пяти разделам.

1) Подходы и организационные модели организации сетевого взаимодействия в процессе подготовки кадров.

Важность сетевого взаимодействия при реализации образовательных

программ и процессов подготовки кадров на различном уровне обозначается многими исследователями. При этом рассматриваются вопросы сетевого взаимодействия между вузами, между образовательными организациями различных уровней образования, между образовательными организациями и предприятиями-работодателями в рамках внутри и межрегионального взаимодействия [2-7]. При этом под сетевым взаимодействием подразумеваются новые организационные механизмы, обеспечивающие согласование целей и интересов различных заинтересованных сторон; создание механизмов информационного обмена и коммуникаций; новые формы реализации образовательных программ, обеспечивающие формирование необходимых компетенций для рынка труда, непрерывность обучения, экономию ресурсов за счет их интеграции.

2) Специфика, подходы и организационные модели подготовки кадров в моногородах.

Имеются малочисленные исследования, ставящие своей целью рассмотреть влияние системы профессиональной подготовки кадров на развитие моногородов и/или их отдельных отраслей [6, 8-10]. Предлагаются организационные механизмы, обеспечивающие взаимодействие муниципалитетов, образовательных учреждений и предприятий в целях реализации подготовки профессиональных кадров, потребность в которых будет испытывать моногород в условиях его перехода от моно- к многопрофильности, определяются некоторые направления совершенствования системы профессиональной подготовки кадров монопрофильного города. При этом акцентируется внимание на создании системы постоянного мониторинга и информационного взаимодействия властей, образовательных учреждений, предприятий и обучающихся. Ставится проблема формирования у молодых людей представления о его будущей профессиональной карьере, используя ин-

дивидуальные качества и профессиональные возможности, исходя из складывающихся потребностей рынка труда и социально-экономической ситуации в моногороде.

3) Методы прогнозирования потребности в кадрах.

Одной из проблем, стоящей перед образовательными системами и органами власти всех уровней, является прогнозирование потребности в кадрах. Исследователями предлагаются различные методы прогнозирования на уровне страны и региона (нормативный, расчетный по аналогии, экспертный, динамический) [12-15]. Специфика моногородов в явном виде не прослеживается.

4) Модели и методы поддержки принятия решений при реализации образовательных программ.

Отдельно следует рассмотреть модели и методы поддержки принятия решений при реализации образовательных программ. Таких исследований много, но они направлены на решение узкоспециализированных задач при проектировании и реализации образовательных программ различного уровня. Рассмотрим некоторые подходы, учитывающие заинтересованных в выборе образовательных программ субъектов инструментами принятия решений в условиях их взаимного влияния на процесс выбора образовательной траектории [16].

К основным направлениям исследований можно отнести: методы проектирования образовательных программ, формирования индивидуальных учебных планов [17, 18], методы оценки востребованности на рынке труда выпускников образовательных программ [19], методы оценки образовательных учреждений, качества образования и образовательных услуг [20-23], методы планирования и оценки системы дополнительного образования (повышение квалификации, подготовка, переподготовка кадров) [24], методы выбора образовательных курсов [25, 26], методы организации взаимодействия работодателей и образовательных учреждений при

разработке и реализации образовательных программ [27].

При этом все исследователи отмечают важность взаимодействия различных субъектов-участников системы подготовки кадров между собой. Так, например, обозначается важность ориентирования образовательных программ на текущие и прогнозные потребности работодателей и студентов, что требует разработки инструментов мониторинга рынка труда и требований работодателей к качеству образования; рассматривается проблема установления соответствий между требованиями работодателей и образовательными стандартами в части профессиональных компетенций выпускников [28].

В целях оценки конкурентоспособности образовательных учреждений и образовательных программ в [29] разработана модель оценки степени удовлетворенности потребителями важнейших потребительских свойств образовательной программы. Важность внутренней оценки качества образовательной деятельности обозначены в [30]. При этом главным критерием оценки выбран уровень удовлетворения требований непосредственных потребителей образовательных услуг, а также других заинтересованных лиц (стейкхолдеров). В работе [31] разработана модель для оценки качества подготовки выпускника при обеспечении соответствия требованиям ФГОС и работодателя. Рассматривается проблема несоответствия требований образовательных профессиональных стандартов в России, снижающая эффективность трудоустройства выпускников [32-34]. Предлагается разработка компетентностных моделей выпускника на основе контекстно-компетентностного подхода и функционального анализа сферы предполагаемой профессиональной деятельности [32].

В [35] предлагается модель для оценки образовательных программ на основе критериев результативности, определяемых индивидуумом.

В [27] рассматриваются возможности разработки и предоставления программ обучения на степень и высшее образование (D & HLA) с точки зрения многих заинтересованных сторон, а именно работодателей, университетов, независимых учебных организаций и профессиональных организаций.

Представляют интерес исследования по разработке онтологий для образовательных программ, образовательных систем различных уровней [36-38], при этом в онтологиях рассматриваются концепты работодателей и учебных учреждений. Анализ разработанных онтологий в области образования показывает: отсутствие четкой сложившейся терминологии в области опережающей подготовки кадров, имеются расхождения в формулировках концептов и связей, что не дает возможности использовать их для совместного использования людьми или программными агентами, не дает общего понимания структуры информации; отсутствие полной структуры знаний, включая основных участников рынков образования и труда и органов управления моногородов-ТОР.

В [39] рассмотрена задача разработки нейросетевой модели процесса обучения студентов для агентной системы моделирования рынка труда. Эта модель должна имитировать процесс передачи профессиональных навыков и знаний по отдельным дисциплинам в зависимости от личностных характеристик студентов.

В [40] предлагаются методы установления соответствия формируемых компетенций выпускника IT-направлений требованиям работодателей на основе автоматизированного анализа этих требований с помощью программы-парсера, проводящей синтаксический анализ страниц сайтов с вакансиями от работодателей.

В [41] предлагается использовать методы интеллектуального анализа данных (кластерный анализ) для выявления потенциальных работодателей

для выпускников по укрупненной группе специальностей.

5) Средства информационного обеспечения процессов подготовки кадров.

Проводятся исследования, направленные на решение задач автоматизации процессов управления образовательной деятельностью. Например, в [42] разработана автоматизированная система проектирования основных образовательных программ (АИС РООП), реализующая функционал по учету требований работодателей [43].

В [40] обозначается целесообразность использования сервис-ориентированного подхода для информационного обеспечения абитуриента информацией о существующих образовательных программах; при этом ставится задача структуризации информации об образовательных учреждениях и их программах, но не обозначается задача оценки качества программ и соответствия требованиям рынка.

К средствам информационного обеспечения подготовки кадров можно отнести различные web-ресурсы (сайты учебных заведений, сайты-агрегаторы учебных заведений и образовательных программ, сайт-агрегаторы вакансий, сайты работодателей и др.). В [44] показано, что ни один из существующих видов источников не обеспечивает полной информацией всех субъектов опережающей подготовки кадров. Поэтому целесообразно создание единой или хотя бы объединяющей несколько источников платформы. Принцип работы такой системы описан в [45]. Авторами рассматривается система, которая, основываясь на данных из нескольких источников (образовательных учреждений, работодателей и индивидуумов), производит оценку актуальности и конкурентоспособности той или иной вакансии или учебной программы. Для этого предполагается, что критерии оценки не одинаково важны для пользователя, и на основе весов всех критериев вычисляет-

ся прямая ранжированная оценка для каждой альтернативы.

Наиболее близки к проблеме данной статьи в плане информационного обеспечения на основе автоматизации процессов исследователи из Беларуси. В [46] рассмотрены сущность и подходы к формированию информационно-аналитической системы рынка труда и прогнозирования потребности в навыках. Выделены особенности и проблемные зоны информационно-аналитической системы рынка труда в Беларуси. Сформулированы направления ее создания в стране на современном этапе.

За рубежом также проводятся исследования, касающиеся вопросов информационного взаимодействия, для прогнозирования потребностей рынка труда [47-54]. Но готового решения проблемы исследования, в том числе с учетом специфики опережающей подготовки кадров для моногородов-ТОР, не существует.

Выводы по аналитическому обзору.

Таким образом, проведенный аналитический обзор позволяет сделать следующие выводы:

1) В современных исследованиях практически не уделяется внимания проблемам создания системы методов и средств информационной поддержки процесса выбора образовательной траектории, оценки, выбора альтернатив опережающей подготовки с точки зрения разных субъектов принятия решения в интегрированной среде, обеспечивающей обоснование решений с учетом интересов всех заинтересованных субъектов моногорода. Что касается создания средств информационного обеспечения сетевого взаимодействия в процессе подготовки профессиональных кадров, то следует отметить, что на сегодняшний день отсутствует единая платформа, обеспечивающая информацией для принятия решения о подготов-

ке кадров всех заинтересованных субъектов.

2) Специфика цифровой поддержки мониторинга и принятия решений системы подготовки кадров для моногородов-территорий опережающего развития выражается в следующих требованиях:

– должна быть разработана комплексная методологическая база и современная инструментальная среда организации и мониторинга качества реализации сетевого взаимодействия всех заинтересованных субъектов в опережающей подготовке кадров для моногорода-ТОР;

– основными субъектами сетевого взаимодействия участников опережающей подготовки кадров моногородов-ТОР являются образовательные организации, органы муниципального и регионального управления, предприятия-работодатели (потребители и заказчики кадров), индивидуумы (потенциальные работники);

– должна быть создана база данных, объединяющая информацию по всем процессам и показателям, характеризующим потребности и результаты подготовки кадров в моногороде, это позволит каждому субъекту сетевого взаимодействия являться одновременно источником и потребителем информации в «одной точке входа»;

– должна быть создана система взаимного оценивания субъектами сетевого взаимодействия процессов подготовки кадров, трудоустройства, планирования и результатов социально-экономического развития моногорода;

– должны быть предусмотрены инструменты для планирования и контроля индивидуумом своей образовательной траектории, способствующей реализации его профессиональной карьеры, основываясь на необходимых знаниях и умениях, своих личных профессиональных возможностях и качествах, текущей и прогнозной потребности рынка труда и социально-экономической ситуации в моногороде;

– для органов муниципального (регионального) управления должны быть предусмотрены инструменты, обеспечивающие информацией процессы формирования прогнозных оценок потребностей в кадрах на территории моногорода, оценку влияния текущего и прогнозного состояния системы опережающей подготовки кадров на изменение социально-экономического развития моногорода;

– для образовательных организаций должны быть предусмотрены инструменты, обеспечивающие информацией процессы принятия решений о создании и реализации отдельных образовательных программ и образовательных траекторий обучающихся;

– для предприятий (работодателей) должны быть предусмотрены инструменты, обеспечивающие информацией процессы принятия решений о формировании и развитии персонала предприятия;

– в связи с высокой неопределенностью среды принятия решений, неполнотой и возможной недостоверностью информации в системе информационного обеспечения должны быть представлены методы организации и проведения экспертиз, обеспечивающие сбор, формализацию и агрегирование мнений и суждений экспертов в различных сферах экономики моногорода, рынка труда и образовательной деятельности.

2. Концептуальные методологические принципы разработки информационного обеспечения для сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерно-технических и педагогических кадров моногородов-ТОР

На основе выявленных особенностей (специфики) цифровой поддержки мониторинга и принятия решений в системе опережающей подготовки кадров для моногородов-ТОР сформулируем основные концептуальные методологи-

ческие принципы разработки информационного обеспечения для сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерно-технических и педагогических кадров моногородов-ТОР:

1) Информационное обеспечение опережающей подготовки должно реализовываться в Web-ориентированной информационной системе, которая позволит организовать сетевое взаимодействие основных субъектов системы подготовки кадров на основе современных цифровых технологий (далее будем называть эту систему «Информационная система опережающей подготовки кадров моногорода» (ИСОПКМ)).

2) Основное назначение ИСОПКМ – обеспечить информационные потребности каждого из участников сетевого взаимодействия как можно более полной и адекватной информацией в целях принятия эффективных управленческих решений.

3) В основу технологии функционирования ИСОПКМ должны быть положены принципы организации социальных сетей, что позволит не только собрать в едином ресурсе информацию, предоставляемую различными типами пользователей, но и осуществить взаимные оценки различных факторов и показателей для принятия решений. Например: работодатели могут осуществлять оценку качества образовательных программ, условий их предоставления в учебных заведениях, уровня и качества выпускников (компетенций обучающихся), в свою очередь учебные заведения могут оценивать востребованность выпускниками вакансий работодателей, условия труда работодателей вакансий, органы власти могут оценивать потребности моногорода в инженерных и научно-педагогических кадрах исходя из приоритетов научно-технического развития государства, региона и моногорода и др.

4) Важнейшей задачей является включение индивидуума в качестве пользователя ИСОПКМ, поскольку это

дает возможности для планирования и контроля реализации образовательных траекторий человеком в течение всей профессиональной карьеры. При этом задача выбора оптимальной образовательной траектории должна рассматриваться в комплексе задач подготовки кадров моногорода для каждого из субъектов принятия решения: индивидуум; работодатели; образовательные организации; муниципалитет. Каждый из субъектов имеет цели, зачастую противоречащие целям других, поэтому требуются механизмы согласования этих целей.

5) В ИСОПКМ должен быть реализован комплекс моделей принятия решений для каждого из субъектов сетевого взаимодействия. При этом ИСОПКМ должна обеспечивать поддержку принятия решений субъектов опережающей подготовки на всех этапах управления (планирование, выбор альтернатив, реализация, контроль).

6) ИСОПКМ реализует модульный принцип функционирования: отдельные модули реализуют несколько основных функций ИСОПКМ, но при этом они взаимосвязаны, используют информацию из общей базы данных.

7) В состав ИСОПКМ обязательно входит модуль по организации работы экспертов, реализующий полный цикл экспертиз от формирования коллектива экспертов до получения согласованных экспертных оценок.

8) В состав ИСОПКМ может входить модуль, осуществляющий сбор, хранение и обработку данных о факторах внешней и внутренней среды системы опережающей подготовки кадров. Этот модуль используется для интеграции с учетными системами предприятий, муниципалитетов управления, образовательных организаций.

9) База данных ИСОПКМ содержит информацию по всем процессам и показателям, характеризующим потребности и результаты подготовки кадров в моногороде, источниками информации для наполнения базы данных являются

все участники сетевого взаимодействия, кроме того содержит данные, необходимые для работы с моделями принятия решений (факторы принятия решений, возможные альтернативы, ограничения, данные об экспертах и их оценках). Технологическая архитектура ИСОПКМ базируется на технологии двухуровневого хранилища данных, то есть данные собираются централизованно по всем необходимым функциональным подсистемам, охватываемым ИСОПКМ;

10) В ИСОПКМ выделяются следующие роли пользователей:

– ЛПР – руководитель организации или другое лицо, наделенное полномочиями по принятию решений в сфере подготовки кадров.

– аналитик – лицо, оказывающее методологическую поддержку процесса принятия решений в системе подготовки кадров, участвующее в процессе анализа среды, разработки альтернатив и др.;

– эксперт – лицо, обладающее знаниями и опытом в области подготовки кадров, рынков труда и образовательных услуг;

– администратор – лицо, имеющее доступ к настройкам системы, контролирующее правильность работы;

- индивидуум – непосредственный потребитель системы опережающей подготовки, желающий получить наиболее актуальное образование и компетенции на момент выпуска;

Роли ЛПР, аналитика и эксперта декомпозируются по типам субъектов опережающей подготовки, которые они представляют:

– учебное заведение (образовательная организация), роль которого заключается в предоставлении возможности обучения, разработке и реализации программ опережающей подготовки;

– работодатель, роль которого заключается в предоставлении информации о вакансиях и тенденциях развития, компетенциях, которые будут востребованы им в перспективе нескольких лет;

– органы муниципального управления (муниципалитеты), заинтересованные в сохранении баланса на рынке труда, формировании трудовых ресурсов территорий, обеспечивающих современные потребности производства.

11) система программного обеспечения ИСОПКМ содержит систему управления моделями и систему управления пользовательскими интерфейсами.

3. Технология функционирования информационного обеспечения для сетевого взаимодействия основ-

ных участников опережающей подготовки инженерно-технических и педагогических кадров моногородов-ТОР

Для реализации принципов, представленных выше, была разработана технология функционирования информационного обеспечения сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерно-технических и педагогических кадров моногородов-ТОР (ИСОПКМ) (представлена рис.1).

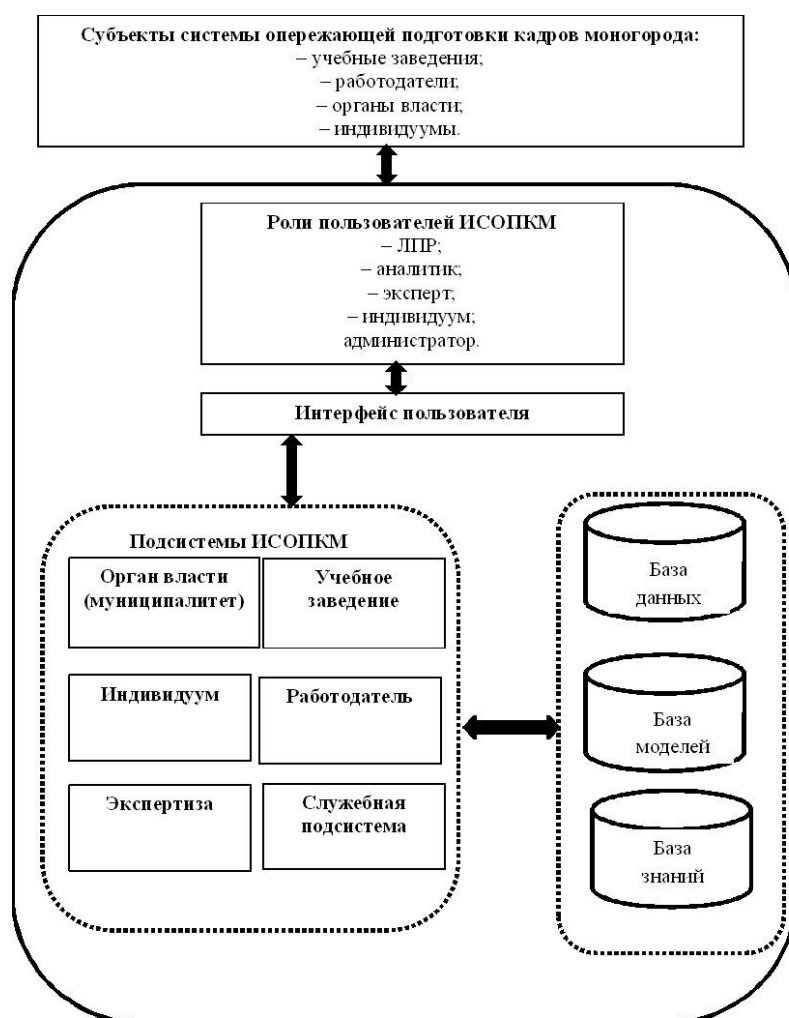


Рис. 1. Технология функционирования информационного обеспечения сетевого взаимодействия основных участников опережающей подготовки инженерно-технических и педагогических кадров моногородов-ТОР (информационной системы опережающей подготовки кадров моногорода – ИСОПКМ)

Поясним кратко основные этапы и элементы данной технологии. К ИСОПКМ обеспечивается по сетевым каналам доступ всех субъектов опережающей подготовки кадров. Разделение ролей пользователей в ИСОПКМ реализуется в соответствии с ролями в процессах принятия решений: ЛПР; аналитик; эксперт; индивидуум; администратор системы. Пользовательские интерфейсы настраиваются для каждой из подсистем ИСОПКМ в соответствии с ролью пользователя. В ИСОПКМ предполагается разработка шести подсистем: «Учебное заведение»; «Работодатель»; «Орган власти (муниципалитет)»; «Индивидуум»; «Эксперт»; «Служебная подсистема». Все подсистемы взаимосвязаны между собой.

Служебная подсистема предназначена для управления личными кабинетами пользователей, настройки интерфейса и других пользовательских настроек.

Подсистемы «Учебное заведение»; «Работодатель»; «Орган власти (муниципалитет)»; «Индивидуум» организуются одинаково. Имеются инструменты для внесения информации по подготовке кадров, для которой данный субъект является источником (например, для Учебного заведения – сведения о реализуемых программах, компетенциях, условиях реализации программ и др.). Имеются инструменты для получения информации, источниками которой являются другие субъекты. Имеется блок, обеспечивающий информационные потребности данного субъекта по принятию решений (например, для индивидуума – методы и модели подбора, оценки и контроля реализации своей образовательной траектории и профессиональной карьеры; для учебных заведений – инструменты по оценке конкурентоспособности образовательных программ и т.д.).

В результате работы в своих подсистемах пользователи осуществляют наполнение базы данных ИСОПКМ, таким образом, происходит интеграция

разрозненной информации о рынках образовательных услуг и труда моногорода.

Информационная поддержка принятия решений осуществляется на основе блока моделей принятия решений, позволяющих сравнивать альтернативы, анализировать отдельные факторы и их взаимосвязи, оценивать достижение выбранных альтернатив. База знаний содержит формализованное описание концептов предметной области (опережающей подготовки кадров в моногородах), взаимосвязей между ними, инструменты для формализации суждений экспертов и вывода новых знаний.

Подсистема «Эксперты» выполняет полный функционал, связанный с организацией экспертиз: формирование базы экспертов организации; отбор экспертов по анкетным сведениям; формирование системы критериев оценки компетентности эксперта; расчет обобщенных оценок компетентности экспертов; формирование состава экспертной группы; хранение, рассылка в личные кабинеты экспертов, контроль выполнения заданий на экспертизу; агрегирование индивидуальных оценок в групповую; оценка согласованности мнений экспертной группы; расчет показателей достоверности экспертиз по экспертам и экспертной группе.

4. Технология проектирования информационного обеспечения ИСОПКМ

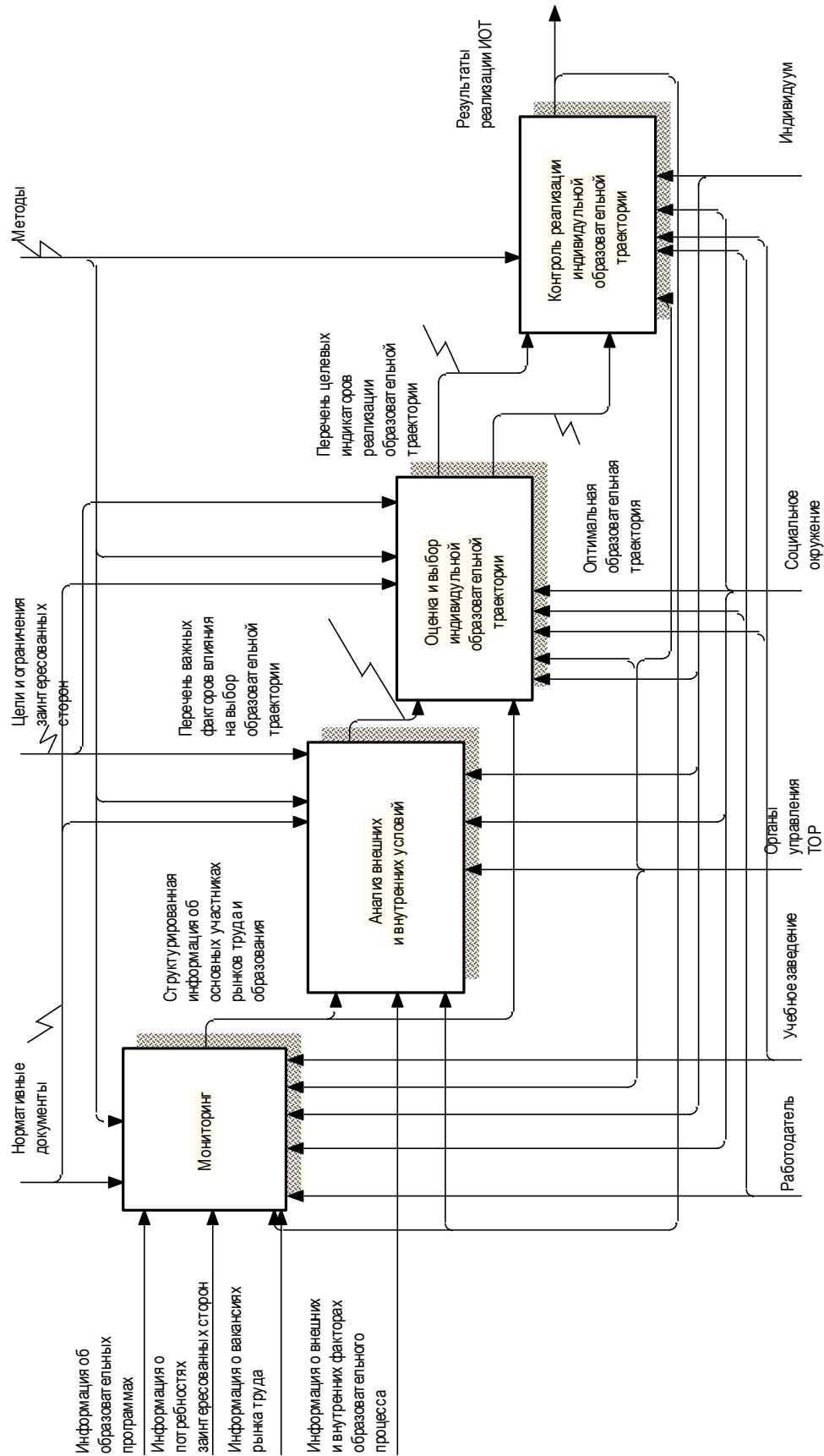
Наличие яркой специфики сетевого взаимодействия системы опережающей подготовки кадров моногорода, сложность и неоднородность взаимосвязей и целей субъектов, разнородность информации по источникам и структурированности, особенности задач принятия решений субъектов опережающей подготовки кадров моногородов обуславливают необходимость разработки принципов и технологии проектирования информационного обеспечения ИСОПКМ.

Предлагаемая технология содержит следующие основные этапы:

1. Формулируются главные цели каждого из субъектов опережающей подготовки кадров моногорода (например, для индивидуума – успешная профессиональная карьера в результате реализации индивидуальной образовательной траектории), минимальное количество целей равно числу субъектов (работодатель, индивидуум, учебные заведения, муниципалитет).
2. Осуществляется декомпозиция процесса принятия решений для достижения главной цели каждого субъек-

екта по основным этапам (пример декомпозиции для индивидуума представлен на рис.2), при этом строится информационная модель процесса принятия решений, учитывающая участие в процессе каждого из субъектов опережающей подготовки кадров, взаимосвязи этапов, нормативное обеспечение процесса. Минимальное количество построенных информационных моделей процессов принятия решений равно числу субъектов (работодатель, индивидуум, учебные заведения, муниципалитет).

Рис. 2. Информационная модель процесса выбора индивидуальной образовательной траектории на основе сетевого взаимодействия участников опережающей подготовки кадров для моногородов



3) для каждой информационной модели осуществляется декомпозиция информационных потоков с точки зрения каждого из участников процесса сетевого взаимодействия по этапам процесса принятия решений, при этом определяются роли субъектов по источникам и потребителям информации (пример декомпозиции информационных потоков в процессе выбора образовательной траектории с точки зрения работодателя представлен в табл.1). Минимальное количество созданных таблиц декомпозиций равно квадрату количества субъектов;

4) осуществляется синтез таблиц декомпозиции в свод информационных потоков по каждому процессу принятия решений (фрагмент свода для процесса принятия решений индивидуумом представлен в табл.2). Минимальное количество построенных сводов информационных потоков процессов принятия решений равно числу субъектов (работодатель, индивидуум, учебные заведения, муниципалитет);

5) осуществляется синтез сводов информационных потоков в единую информационную модель ИСОКПМ.

Таблица 1. Основные виды информации при принятии решений индивидуумом о выборе образовательной траектории (с точки зрения работодателя)

Этап процесса	Работодатель как Источник информации (И)	Работодатель как Потребитель информации (П)
Мониторинг	Информация о текущих и прогнозных вакансиях; требования к компетенциям.	Информация об образовательных программах и компетенциях выпускников; резюме; требования к вакансиям; цели развития моногорода-ТОР.
Анализ	Информация о трудовой деятельности работников; оценка качества выпускников по компетенциям; оценка образовательных программ на соответствие требованиям работодателя.	Тенденции рынка образования и труда; тенденции развития отраслей в моногороде; оценка мест трудоустройства индивидуумами и стейкхолдерами.
Оценка и выбор	Информация о конкурентоспособности образовательных программ, выпускников учебных заведений.	Информация о конкурентоспособности вакансий, критериях выбора мест трудоустройства, образовательных программ.
Контроль реализации	Информация о местах прохождения практик, стажировок студентами и их результатах, информация о соответствии приобретаемых компетенций будущим местам трудоустройства.	Информация о результатах обучения, резюме, студентах на практике и стажировке.

Таблица 2. Информационные потоки для процесса принятия решений индивидуумом о выборе образовательной траектории в системе опережающей подготовке кадров на основе сетевого взаимодействия (фрагмент)

Вид информации / Субъект	Индивидуум (роль)	Работодатель (роль)	Учебное заведение (роль)	Органы управления моногорода-ТОР (роль)
Информация о текущих и прогнозных вакансиях	П	И	П	П/И
Требования к профессиональным компетенциям	П	И/П	П/И	П/И
Информация об образовательных программах	П	П/И	И	П/И
Информация о компетенциях выпускников	П	П/И	И/П	П
Информация о трудовой деятельности работников	И/П	И/П	П/И	П
Информация о конкурентоспособности образовательных программ	П/И	И	П	П
Информация о конкурентоспособности вакансий	И/П	П	П/И	П
Информация о резидентах ТОР (моногорода), работодателях	П	И	П/И	И/П
Информация о критериях выбора мест трудоустройства	И	П	П/И	П
Информация о критериях выбора образовательных программ	И	П/И	П	П

Заключение

Проведенный обзор литературы показал, что многочисленными исследователями признается важность организации сетевого взаимодействия основных участников подготовки кадров как неотъемлемого условия эффективности системы подготовки кадров. Особую важность имеет этот процесс для моногородов, ведь именно в них наиболее остро прослеживается связь результатов системы опережающей подготовки кадров и возможностей диверсификации экономики моногорода, ухода от монопрофильности, сокращения оттока кадров из города, а, следовательно – сохранения населения.

Несмотря на важность процессов сетевого взаимодействия в системе опережающей подготовки кадров моногородов, на сегодняшний день системно не рассматривается вопрос информационного обеспечения этого процессов принятия решений на базе современных цифровых технологий.

Выявленная специфика процессов информационного взаимодействия позволила сформулировать требования к информационному обеспечению системы опережающей подготовки кадров моногорода. На основе этих требований разработаны методологические основы и технология цифровой поддержки мониторинга и принятия решений в систе-

ме опережающей подготовки кадров для моногородов-ТОР, обеспечивающей информационные потребности участников сетевого взаимодействия. Для реализации данной технологии были предложены принципы и технология проектирования информационной системы опережающей подготовки кадров моногорода (ИСОПКМ), учитывающие специфику сетевого взаимодействия системы опережающей подготовки кадров моногорода, сложность и неоднородность взаимосвязей и целей субъектов, разнородность информации по источникам и структурированности, особенности задач принятия решений субъектов опережающей подготовки кадров моногородов.

Предложенная технология и полученные информационные модели процессов принятия решений имеет теоретическую и практическую ценность:

- доказывают важность сетевого взаимодействия основных субъектов опережающей подготовки кадров моногорода для формирования адекватного и полного информационного обеспечения процесса принятия решений в системе

опережающей подготовки кадров с учетом целей развития моногородов и основных стейкхолдеров;

- формализуют основные информационные потоки и их взаимосвязи на этапах принятия решений каждого их субъектов, что позволяет обосновать состав задач принятия решений при формировании системы опережающей подготовки кадров моногородов;

- служат основой для проектирования подсистем ИСОПКМ;

- служат основой для проектирования базы данных и базы знаний ИСОПКМ, обеспечивающих сетевое взаимодействие субъектов – участников опережающей подготовки кадров для моногорода.

Результаты, представленные в данной статье, служат основой для разработки математического и программного обеспечения ИСОПКМ, что будет представлено в серии последующих статей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00486А.

Литература

1. Федеральный закон "О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации" от 29.12.2014 № 473-ФЗ . – 2014.
2. Гитман, М.Б. Модели сетевого взаимодействия вузов при подготовке кадров высшей квалификации / М.Б. Гитман, А.Н. Данилов, В.Ю. Столбов, А.А. Южаков // Университетское управление: практика и анализ. – 2012. – № 3 (79). – С. 69-73.
3. Шевелев, Н.А. Сетевая модель взаимодействия вузов как механизм повышения эффективности подготовки инновационных кадров / Н.А. Шевелев, Т.А. Кузнецова, П.В. Репп // Интеграция образования. – 2012. – № 4 (69). – С. 3-9.
4. Волох, О.В. Подготовка педагогических кадров в условиях сетевого регионального взаимодействия / О.В. Волох, Н.В. Чекалева, Н.С. Макарова // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2014. – № 166. – С. 144-150.
5. Фролов, Ю.Н. Сущность и механизмы сетевого взаимодействия контрагентов образовательного пространства в профессиональной подготовке кадров / Ю.Н. Фролов // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. – 2013. – Т. 3. – № 4. – С. 28-36.

6. Мартьянова, К.Н. Реализация модели сетевого взаимодействия деятельности многопрофильного техникума при подготовке квалифицированных кадров в условиях моногорода / К.Н. Мартьянова, В. Голлань // В сборнике: Наука и бизнес: условия взаимодействия индустриального партнерства Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственные за выпуск С.А. Упоров, Е.Н. Ялунина. – 2017. – С. 256-261.
7. Лизунов, П.В. Преемственность подготовки специалистов на основе сетевого взаимодействия учреждений СПО и вузов как ведущая проблема профессионального образования / П.В. Лизунов // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2016. Т. 5. – № 3 (16). – С. 81-84.
8. Гильманов, А.З. Система профессиональной подготовки кадров монопрофильного города: социологический анализ / А.З. Гильманов, Л.А. Давлетшина // Монография. – Казань, 2013.
9. Кадырова, Х.Р. Кластерный подход к подготовке инженерно-технических кадров для предприятий машиностроительного комплекса моногорода / Х.Р. Кадырова, Т.А. Челнокова // Инженерное образование. – 2017. – № 21. – С. 200-205.
10. Маврина, И.А. Характеристики образовательно-производственного кластера в рамках реализации концепции опережающего обучения / И.А. Маврина, Т.Р. Закирзянов, В.А. Николаев, Д.В. Янькин, О.А. Масюков // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2018. – № 1 (29). – С. 122-131.
11. Костенко, К.А. Модели прогнозирования кадровой потребности на рынке труда / К.А. Костенко, О.А. Захарова // Синергия Наук. – 2019. – № 31. – С. 968-975.
12. Илюхина, Л.А. Методологические подходы прогнозирования кадровых потребностей рынка труда / Л.А. Илюхина // В сборнике: Проблемы развития предприятий: теория и практика материалы 14-й Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. Часть 2: Проблемы методологии статистического исследования бизнес-процессов. Теория и практика управления трудом в условиях инновационной экономики. Оптимизация товародвижения предприятий на основе развития логистики, коммерции, маркетинга и сервиса Реализация проектов и программ импортозамещения в АПК. – 2015. – 86 с.
13. Некрасова, Л.В. Роль опросов работодателей в прогнозировании кадровых потребностей и устранении диспропорций на региональном рынке труда / Л.В. Некрасова // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 2 (5). – С. 59-62.
14. Максимова, Т.Г. Эффективность системы прогнозирования кадровых потребностей экономики как инструмента содействия сбалансированности спроса и предложения на рынке труда / Т.Г. Максимова, А.Р. Минасян // Экономика и управление. – 2013. – № 1 (87). – С. 62-69.
15. Schomburg, H. Carrying out tracer studies. Guide to anticipating and matching skills and jobs / H. Schomburg //ETF, Luxembourg, Publications Office of the European Union. – 2016. – Vol. 6.
16. Захарова, А.А. Разработка региональной информационной системы поддержки управления образовательными траекториями населения: структура и методы / А.А. Захарова, В.В. Останин, С.Я. Терешкин // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 134-137.
17. Крылова, Н.Б. Как обеспечить индивидуальное образование / Н.Б. Крылова, Е.А. Александрова // Народное образование. – 2002. – № 9. – С. 73-82.
18. Yang, Y. An efficient adaptive fuzzy learning diagnosis method for e-Learning / Y. Yang, P. Chuang, C. Huang, T. Hou, and C. Yang // Journal of Internet Technology. – 2015. – V.16(3). – PP. 391-401.

19. Амбросевич, М.А. Многокритериальный подход к оценке управления качеством образовательного процесса: опыт применения [Арханг. гос. техн. ун-т] / М.А. Амбросевич, А.М. Айзенштадт, А. Л. Невзоров // Высш. образование сегодня. – 2007. – № 2. – С. 62-64.
20. Баркалов, С.А. Выбор оптимальных управленческих решений при руководстве учебным процессом университета / С.А. Баркалов, В.Е. Белоусов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – Т. 2. – №7. – С. 67-71
21. Вроейнстийн, А.И. Оценка качества высшего образования. Рекомендации по внешней оценке качества в вузах / А.И. Вроейнстийн. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 180 с.
22. Barani, G. Quality indicators of hidden curriculum in centers of higher education / G.Barani, F.Azma, S.H.Seyyedrezai // Procedia – Social and Behavioral Sciences 2011, Volume 30, PP.1657-1661.
23. Dyrenfurth, M. Quality indicators for engineering & technology education / M. Dyrenfurth, M. Murphy, G. Bertoline // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. – 2010. – P.48.
24. Вершинин, С.И. Модернизация профессионального образования: проблемы и перспективы / С.И. Вершинин. – М.: НИИРО, 2004. – 51 с.
25. Ivashnova, S. The model of projection of a fuzzy individual professional educational trajectory / S.Ivashnova // New Educational Review/ – 2015. – V. 40(2). – PP. 69-80.
26. Urintsov, A. Individual learning trajectories as a key educational tool in the information society / A. Urintsov, V. Dik // Smart digital futures. – 2014. – V. 262. – PP. 652-656.
27. Mulkeen, J. Degree and Higher Level Apprenticeships: an empirical investigation of stakeholder perceptions of challenges and opportunities / James Mulkeen, Hussein A. Abdou, Jacqueline Leigh, Paul Ward // Studies in higher education. – 2019. – V. 44. – № 2. – 333–346.
28. Ильина, Л.А. Учет требований работодателей к профессиональным квалификациям выпускников при переходе к образовательным стандартам нового поколения / Л.А. Ильина // Вестник УГАТУ. – 2013. – Т.17. – № 7(60). – С.92-94.
29. Мальченкова, И.В. Оценка конкурентоспособности образовательной программы как средство повышения качества образования: на примере деятельности руководителя учреждения среднего профессионального образования: дис. канд.пед.наук: 13.00.01 / Мальченкова И.В. – Самара, 2008. – 228 с.
30. Черная, Ю.А. Оценка эффективности вуза в связи с внедрением критериев оценки качества образовательных услуг / Ю.А.Черная // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – С.1999-2002.
31. Давыдова, Е.М. Модель образовательного процесса с учетом требований работодателя / Е.М. Давыдова // Доклады ТУСУРа. – 2013. – № 4(30). – С.177-181.
32. Дурнева, Е.Е. Интеграция требований профессиональных и образовательных стандартов. Разработка компетентностных моделей выпускников с учетом требований работодателей / Е.Е.Дурнева // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №8 – С.17-19.
33. Кельчевская, М.Р. Качество подготовки специалистов – основа эффективной деятельности высшей школы в условиях новых экономических отношений / М.Р. Кельчевская, М. Попова. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2001. – 98 с.
34. Опфер, Е.А. Мониторинг требований работодателей как средство управления качеством образовательного процесса в вузе: автореф.дис. канд.пед.наук: 13.00.08 / Опфер Е.А. – Волгоград, 2013. – 28 с.
35. Zakharova, A.A. Mathematical software for evaluating and supporting the selection decision on academic programs / A.A. Zakharova, A.N. Lazareva, A.A. Aleksandrov // Ad-

- vances in Computer Science Research – Proceedings of the 2016 conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSM). – 2016. – V. 51. - PP.554-559.
36. Ларюхин, В.Б. Онтология образовательного процесса по направлению «Информационные системы и технологии» / В.Б. Ларюхин, С.А. Пиявский // Онтология проектирования. – 2012. – № 2. – С. 44-57.
 37. Бахвалов, С.В. Применение онтологического моделирования в задачах организации учебного процесса вуза / С.В. Бахвалов, О.Г. Берестнева, О.В. Марухина // Онтология проектирования. – 2015. – № 4. – С. 387-398.
 38. Темникова, Е.А. Онтологическое моделирование предметной области учреждения дополнительного профессионального образования / Темникова Е.А., Асламова В.С., Берестнева О.Г. // Онтология проектирования. – 2015. – № 4.
 39. Федяев, О.И. Прогнозирование остаточных знаний студентов по отдельным дисциплинам с помощью нейронных сетей / О.И. Фадеев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – № 7 (180). – С. 122-136.
 40. Бакмаев, А.Ш. Разработка рекомендаций по построению учебного процесса для IT-специальностей на основе системы анализа рынка труда / А.Ш. Бакмаев, М.А. Насруева // Информатизация образования и науки. – 2019. – № 3 (43). – С.153-161.
 41. Карамзина, А.Г. Технология интеллектуального анализа данных для выявления потенциальных работодателей / А.Г. Карамзина // Информатизация образования и науки. – 2019. – № 2 (42). – С.89-99.
 42. Лысенко, Т.М. Проектирование основных образовательных программ с учетом требований работодателей к результатам обучения в автоматизированной информационной системе [Электронный ресурс] / Т.М. Лысенко, И.Ю. Тыров // Новые образовательные технологии. – Режим доступа: <http://aisroop.ru/notv-2013-proektirovanie-oop-s-rabotodatelayami/>. – Дата обр.06.09.2019.
 43. Яблонский, В.Б. Информационное обеспечение управления выбором образовательных траекторий / В.Б. Яблонский // Креативная экономика. – 2008.– №12(24). – С.58-61.
 44. Гребенюк, Я.В. Обзор средств информационного обеспечения опережающей подготовки кадров в РФ / Я.В. Гребенюк, А.А. Захаров // В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении. Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. Томск. – 2019. – С. 191-193.
 45. Захарова, А.А. Информационная система оценки образовательных программ на основе требований работодателей / А.А. Захарова, А.Н. Лазарева, О.Ю. Зорина, В.В. Останин // Современные проблемы науки и образования, 2015. – № 2. – 136 с.
 46. Ванкевич, Е.В. Информационно-аналитическая система рынка труда и прогнозирования потребности в кадрах: содержание и направления формирования в Республике Беларусь / Е.В. Ванкевич, Э. Кастел-Бранко // Белорусский экономический журнал. – 2017. – № 2 (79). – С. 73-92.
 47. Corbella T. A practical Guide on Establishment skills surveys / T. Corbella, F. Mane // Cedefop: ILO. – 2014.
 48. Lisk, F. Labour Market Information System (LMIS) for determining the demand for employable skills / F. Lisk // Second Annual Conference on Regional Integration in West Africa Abuja, Nigeria. 7–8 July 2011. University of Warwick, UK, and CREPOL. – 2011.
 49. Mahesh, M. Labour market information system // M. Mahesh, S. Naitik // International journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEM). – 2014. –Vol. 3. – Issue 3. – P. 534–541.
 50. Mangozho, N. Current practices in Labour market Information System development for human resources development planning in developed, developing and transition economies. Geneva / N. Mangozho / ILO. – 2001.

51. Cazes, S., Verick S. (Eds.). Perspectives on labour economics for development. Geneva: ILO. – Ch. 10. – 2013. – P. 268–270.
52. Rihova, H.. Using labour market information. Guide to anticipating and matching skills and jobs. – 2016. – Vol. 1. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
53. Schomburg, H.. Matching supply and demand of skills on the labour markets in transition and developing countries. –2015. – vol. 6. // Carrying out tracer studies. Cedefop: ILO. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed_emp/-ifp_skills/documents/publication/wcms_534331.pdf.
54. Sparreboom, T. Labour market information and analysis for skills development. Geneva: ILO. / T. Sparreboom, M.Powell // – 2009 URL: <http://www.ilo.org/public/english/employment/download/wpaper/wp27.pdf>.

ГЕНЕРАТОРЫ ЗАДАНИЙ КАК ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ СРЕДСТВО ЭФФЕКТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ

TASK GENERATORS AS A PERSONALIZED TOOL FOR EFFECTIVE TRAINING OF STUDENTS

*Петрова Наталья Владимировна / Natalia V. Petrova,
учитель математики, ГБОУ Школа №1416, Москва / teacher of mathematics
school №1416, Moscow,
petrova.nv@list.ru*

*Петров Игорь Павлович / Igor P. Petrov,
частный преподаватель, Москва / private tutor, Moscow,
petrov_i.p@mail.ru*

*Петров Юрий Игоревич / Yuri I. Petrov,
к.э.н., старший системный аналитик, ПАО «ПочтаБанк» / PhD, Senior Analyst,
Post Bank,
mailto:YuriPetrov@gmail.com*

Аннотация

В статье обсуждаются вопросы использования генераторов заданий при подготовке учащихся. Приведены плюсы и минусы, примеры такого программного обеспечения, а также описана авторская разработка.

Abstract

Article considers the problems of using task generators in students training process. The advantages and disadvantages, examples of such software, as well as the authors application are described.

Ключевые слова: программирование, информатика, программное обеспечение, Python.

Keywords: programming, computer science, software, Python.

Введение

Современный преподаватель имеет достаточное количество учебных материалов как в бумажном, так и электронном виде для эффективной подготовки учащихся по различным дисциплинам

в средней и в высшей школе. Например, в работах [1, 2] авторы отметили заслуживающие внимания интерактивные программные продукты, используемые на уроках физики; аналогичные системы существуют и для других предметов [3, 4].

Несмотря на это, большинство приложений и сборников предоставляют «статический» контент, используя который, преподаватель сталкивается со следующими проблемами:

- малый объем задач в целом и отсутствие возможности предоставить аналогичные дополнительные задания по запросу ученика;
- недостаточное количество вариантов заданий одного типа (как правило, все решают один и тот же вариант или задание);
- невозможность персональной работы с учеником (для учителя);
- отсутствие возможности автономной тренировки без помощи педагога (для учащегося).

Указанные проблемы могут быть частично или полностью решены применением генераторов заданий – специальных приложений, позволяющих:

- создавать практически бесконечное количество заданий определенного типа;
- варьировать сложность заданий, при этом придерживаться одного уровня сложности, если необходимо (например, в рамках группы учеников);
- предоставлять интерактивную помощь в решении.

Существующие разработки – начальная и средняя школа

Для начальной и средней школы в сети Интернет имеется достаточное количество ресурсов, предлагающих генерацию заданий, рассмотрим некоторые из них.

Проект «Развитие ребенка» [5] предлагает пользователям (учителям и родителям) создавать индивидуальные задания по следующим темам: «Найди слова», «Анаграммы», «Прописи»,

«Прописи печатных букв», «Прописи имени», «Кроссворды», «Слова и картинки», «Случайные слова», «Скоро чтение», «Арифметические операции», «Состав числа», «Связь арифметических действий», «Числовая пирамида», «Сравни числа», «Единицы измерений» и «Реши уравнение».

По словам создателей, генератор практических заданий создан для:

1. Учителей дошкольных и начальных классов, для которых важно, чтобы их подопечные учились мыслить и считать в уме. Они могут создать задания для ребенка и не беспокоиться, что ответы на них он спишет в решебнике.
2. Родителей, которые хотят, чтобы их дети лучше закрепляли полученные знания.

Сайт отличается лаконичным интерфейсом. На рис. 1 приведен пример генератора «Прописи». В результате создается документ в формате PDF, который можно распечатать и использовать на уроках в школе или дома для самоподготовки.

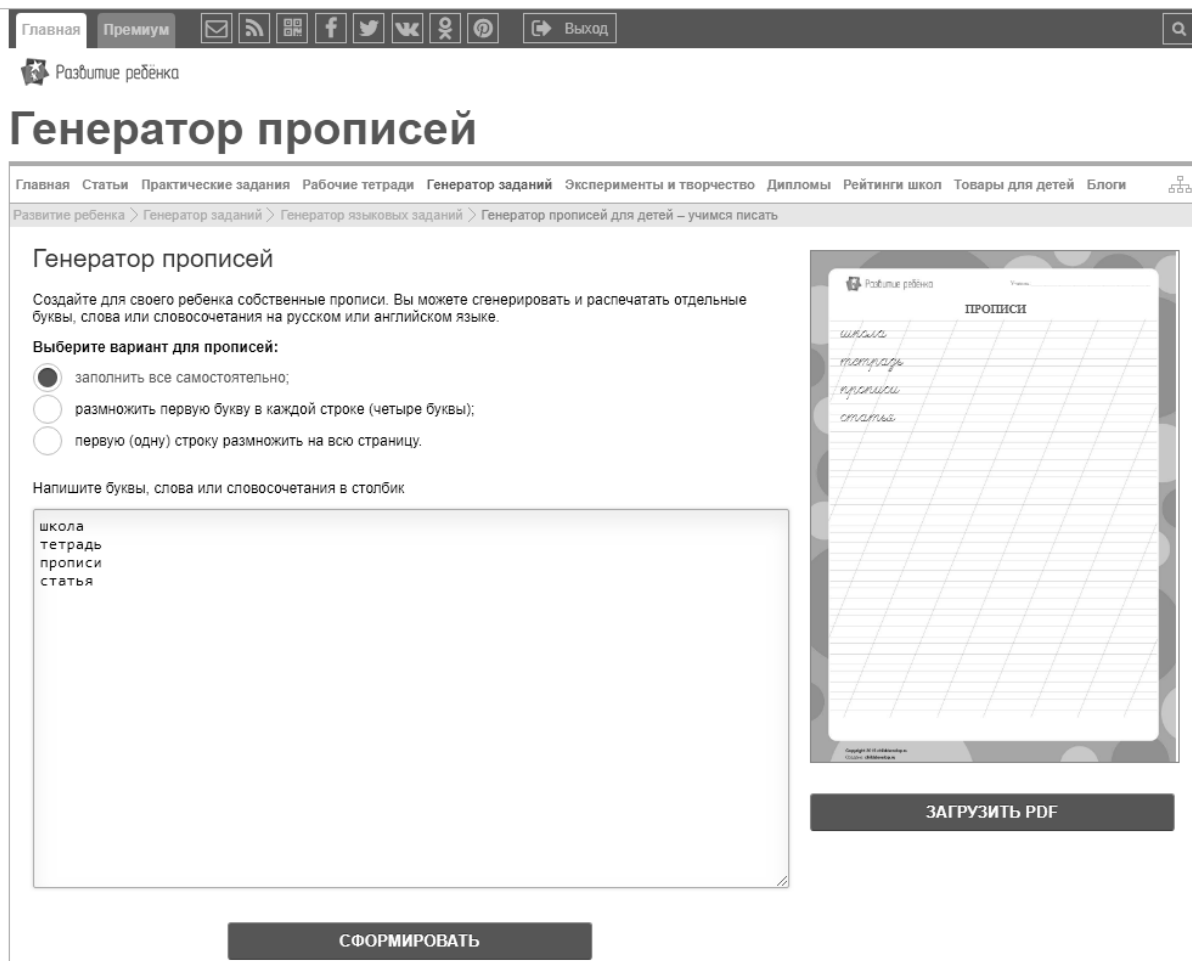


Рис. 1. Генератор прописей (проект «Развитие ребенка»)

Другим заслуживающим внимания проектом является генератор заданий L1158 [6]. Сайт предлагает создание примеров по математике и русскому языку любой сложности с формированием:

- готовых к печати файлов (используя любой текстовый редактор или браузер);
- интерактивных примеров для устного счёта с использованием, например, планшета или мобильного телефона.

В состав генератора входят следующие темы:

- Математика. Сложение и вычитание.
- Математика. Сложение и вычитание с пропусками значений.
- Математика. Сравнение.
- Математика. Умножение и деление.

- Уравнения с одним неизвестным.
- Уравнения для 4 класса – с целыми числами.
- Задачи на разные темы (расстояние, скорость и время, вычисление периметра и площади).
- Русский язык. Словарные слова.

Приложение поддерживает различные настройки:

- ограничение арифметических действий: только сложение, вычитание, или все действия;
- корректировка диапазона чисел в примерах и в ответах; например: только однозначные числа или числа до 20, до 100;
- управление «удобством» генерируемых чисел с точки зрения проведения операций.

На рис. 2 приведен пример генератора уравнений с одним

НЕИЗВЕСТНЫМ.

Уравнения с одним неизвестным (различной трудности)

1. Настройте генератор: выберите действия - умножение, деление или деление с остатком, используемые числа и сложность.
2. Нажмите «Сгенерировать новые примеры».

Настройка генератора уравнений

Элементов: 3 (простые) 5 (сложные)

Числа: ≤10 ≤20 ≤100

Сложность: Облегчённые Обычные Усложнённые

[Сгенерировать новые примеры >](#)

Готовый файл для распечатки

Страниц: [Изменить >](#)

Скачать: [Файл заданий](#), [Файл ответов](#)

Свой формат печати

Примеров: [Изменить >](#)

[Распечатать уравнения](#)

Интерактивные уравнения

Примеров: [Изменить >](#)

[Показать страницу](#)

Образец:

$80 - 3 \cdot (7 \cdot x - 3) = 26$	$64 - 2 \cdot (5 \cdot x + 18) = 8$	$53 - 4 \cdot (7 \cdot x - 3) = 9$
$52 - 3 \cdot (3 \cdot x + 6) = 16$	$187 - 4 \cdot (10 - 7 \cdot x) = 371$	$45 - 2 \cdot (4 \cdot x + 9) = 11$
$137 - 3 \cdot (3 - 7 \cdot x) = 254$	$417 - 5 \cdot (5 \cdot x + 42) = 7$	$74 - 2 \cdot (2 - 7 \cdot x) = 140$
$141 - 2 \cdot (2 - 6 \cdot x) = 257$	$114 - 3 \cdot (9 - 9 \cdot x) = 222$	$274 - 2 \cdot (70 + 9 \cdot x) = 8$

Рис. 2. Генератор уравнений с одним неизвестным (проект «L1158»)

Среди крупных образовательных систем, также позволяющих генерировать задачи, следует отметить платформу ЯКласс [7], где каждое задание и тест имеют множество вариантов (50 и более) с разными условиями. Таким образом, каждому учащемуся выпадает случайный вариант задания. Если уча-

ник захочет решить задание снова, то ему выпадет уже другой вариант, что в результате даёт режим «бесконечной» тренировки и решение проблемы списывания.

На рис. 3 приведен пример задания по алгебре (8 класс, квадратные уравнения, теорема Виета).

Задание для ученика №1	Задание для ученика №2
Условие задания ▾	Условие задания ▾
Дано квадратное уравнение	Дано квадратное уравнение
$x^2 + 7,5x + 11,1 = 0$	$x^2 + 4,5x - 4 = 0$
укажи сумму и произведение корней	укажи сумму и произведение корней

Рис. 3. Генератор заданий, теорема Виета («ЯКласс»)

Существующие разработки – старшая школа

В старшей школе также встречаются генераторы заданий, но наблюдается сдвиг в сторону экзаменационных вариантов (ОГЭ, ЕГЭ). Ряд авторов разрабатывает собственные генераторы вариантов работ, среди которых можно отметить сайты alexlarin.net [8], krolyakov.spb.ru [9], а также портал Решу ЕГЭ [10]. Основное предназначение указанных генераторов – динамическое

формирование вариантов заданий или заданий одной темы в виде веб-страницы или печатного документа, получаемых из заранее подготовленной базы знаний.

Ресурс alexlarin.net специализируется на математике и предлагает 3 варианта генерации заданий (рис. 4):

- варианты ЕГЭ;
- базовый ЕГЭ;
- варианты ГИА.

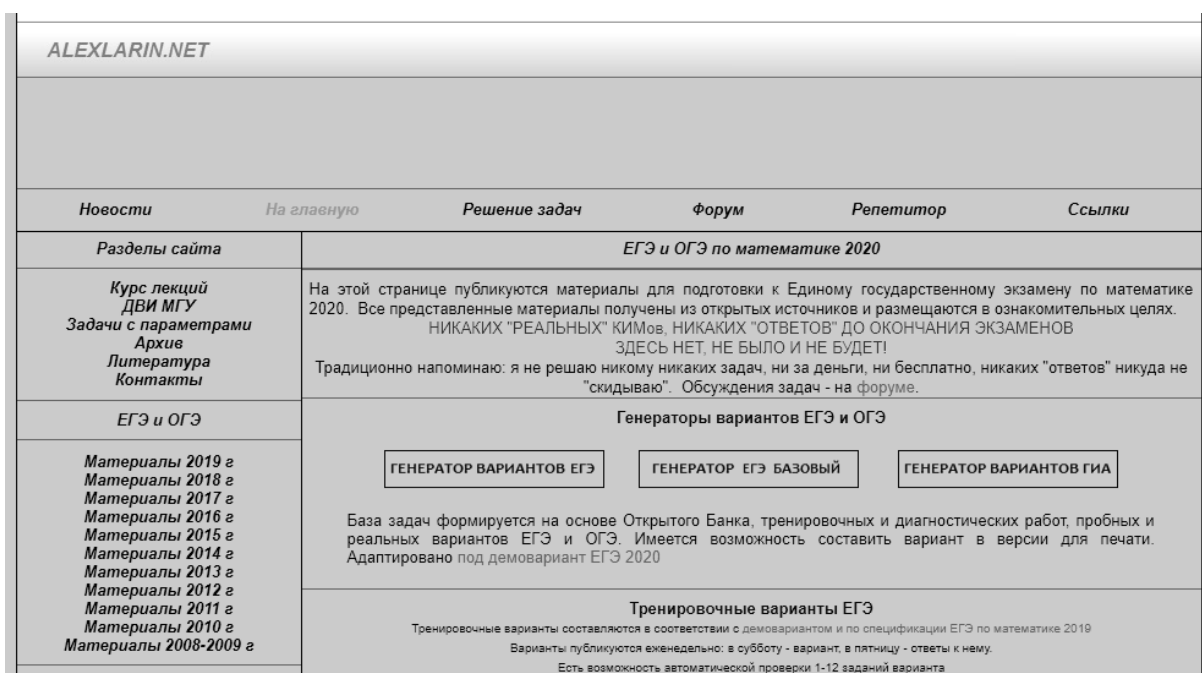


Рис. 4. Варианты генерации заданий (сайт alexlarin.net)

При выборе одной из опций создается соответствующий вариант заданий (рис. 5).

ALEXLARIN.NET

Генератор вариантов ЕГЭ - 2018

Вариант генерируется из заданий Открытого Банка и вариантов ЕГЭ

Для генерирования нового варианта обновите страницу, даны ответы на часть В

Версия варианта для печати

Часть 1

1

В доме, в котором живёт Женя, 9 этажей и несколько подъездов. На каждом этаже находится по 4 квартиры. Женя живёт в квартире №45. В каком подъезде живёт Женя?

2

Мощность отопителя в автомобиле регулируется дополнительным сопротивлением, которое можно менять, поворачивая рукоятку в салоне машины. При этом меняется сила тока в электрической цепи электродвигателя – чем меньше сопротивление, тем больше сила тока и тем быстрее вращается мотор отопителя. На рисунке показана зависимость силы тока от величины сопротивления. На оси абсцисс откладывается сопротивление (в омах), на оси ординат – сила тока в амперах. На сколько ампер уменьшится сила тока, если увеличить сопротивление с 0,5 Ом до 1,5 Ом?

Рис. 5. Пример сгенерированного варианта ЕГЭ по математике (сайт alexlarin.net)

Созданный вариант включает ответы к заданиям, его можно использовать в виде веб-страницы или распечатать. Также, для ряда заданий из ЕГЭ (Часть С), предусмотрена отдельная генерация заданий только этого типа.

На сайте kprolyakov.spb.ru также представлен генератор заданий в формате ОГЭ и ЕГЭ по информатике. В качестве источника базы знаний используются:

- демо-варианты ФИПИ;
- литература для подготовки к ЕГЭ;

- тренировочные и диагностические работы Статграда;
- тесты Яндекса;
- собственные разработки.

Ресурс предлагает два основных вида генерации (рис. 6):

- вариант целиком;
- отдельный номер задания.

На рис. 7 приведен пример созданного варианта, который также можно использовать в виде веб-страницы или сохранить для открытия в текстовом редакторе.

ЕГЭ по информатике

Генератор вариантов ЕГЭ

Что это такое?

Закладки

Здесь вы можете построить вариант теста в формате ЕГЭ, основанного на материалах К. Полякова для подготовки к ЕГЭ по информатике.

Источники задач: демо-варианты ФИПИ, литература для подготовки к ЕГЭ, тренировочные и диагностические работы Статграда, тесты Яндекса, собственные разработки автора и читателей.

Готовые варианты

База данных содержит 20 различных полных вариантов ЕГЭ, то есть по 20 разных задач каждого типа. Остальные варианты генерируются методом случайных перестановок.

С помощью переключателей можно выбрать нужные группы задач, например, только задания части 1.

часть 1 часть 2

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10
Вариант 11	Вариант 12	Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15
Вариант 16	Вариант 17	Вариант 18	Вариант 19	Вариант 20

Все задачи по номеру в КИМ

Вы можете увидеть сразу все задачи, которые есть в базе для заданного номера задания в контрольно-измерительных материалах (КИМ) ЕГЭ по информатике.

Выберите номер задания в КИМ:

9. Кодирование изображений и звука. Передача данных

- Информационный объём изображений
- Информационный объём звуковых данных
- Скорость передачи данных
- Сравнение двух способов передачи данных

Рис. 6. Форма генерации вариантов (сайт kpolyakov.spb.ru)

ЕГЭ по информатике

Вариант № 7.



версия для печати

- 1 (№ 37) Сколько значащих нулей в двоичной записи шестнадцатеричного числа $75BD_{16}$?
- 2 (№ 57) Логическая функция F задаётся выражением $(a \wedge b) \vee (c \wedge (\neg a \vee b))$. Определите, какому столбцу таблицы истинности функции F соответствует каждая из переменных a, b, c .

?	?	?	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

В ответе напишите буквы a, b, c в том порядке, в котором идут соответствующие им столбцы (без разделителей).

- 3 (№ 79) На рисунке справа схема дорог N -ского района изображена в виде графа, в таблице содержатся сведения о длинах этих дорог (в километрах).

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

Рис. 7. Пример сгенерированного варианта ЕГЭ по информатике (сайт kpolyakov.spb.ru)

Ресурс Решу ЕГЭ является наиболее масштабным из представленных и позволяет создавать варианты по различным предметам, а также по отдельным типам заданий. Принцип гене-

рации не отличается от предыдущих проектов – задания комбинируются из существующей базы знаний.

На рис. 8 представлена форма создания заданий.

Составление работ

Составление новых вариантов
[Составленные варианты](#)
[Список учеников, список групп, архив групп](#)
[Классный журнал](#)
[Индивидуальный профиль знаний учащихся](#)
[Ваши задания: составление и управление](#)
[Ваши курсы для учащихся](#)

Раздел для составления собственных проверочных работ учителем
 Для создания специализированного теста выберите количество заданий из каждого раздела или воспользуйтесь предустановленными вариантами, нажав на соответствующую кнопку.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Дополнительные задания для подготовки (не входят в ЕГЭ этого года)

Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Стандартный тест Задания В Задания С Очистить поля

Составить домашнюю работу Составить контрольную работу

Шаблон домашней работы Шаблон контрольной работы

Создать пустую домашнюю работу Создать пустую контрольную работу

Вы можете составить вариант из необходимого вам количества заданий по тем или иным разделам задачного каталога. Для создания стандартных тестов воспользуйтесь кнопками снизу.

Тема	Кол-во заданий
1. Понимание основного содержания прослушанного текста просмотреть (50 шт.)	<input type="text" value="0"/>
2. Выделение информации в прослушанном тексте просмотреть (47 шт.)	<input type="text" value="0"/>
3. Полное понимание устной речи: интервью просмотреть (47 шт.)	<input type="text" value="0"/>
...	
43 (С5). Монолог просмотреть (51 шт.)	<input type="text" value="0"/>
44 (С6). Монолог просмотреть (52 шт.)	<input type="text" value="0"/>

Дополнительные задания для подготовки (не входят в ЕГЭ этого года)

Стандартный тест Задания В Задания С Очистить поля

Составить домашнюю работу Составить контрольную работу

Шаблон домашней работы Шаблон контрольной работы

Рис. 8. Форма генерации задач (Решу ЕГЭ)

Генератор позволяет указать количество необходимых заданий каждой темы и поддерживает различные режимы:

- домашняя работа (ученику будут доступны ответы);
- контрольная работа (ученику будут доступны ответы только после проверки решения учителем);
- создание пустой работы (домашней или контрольной), которую можно наполнить вручную.

Авторская разработка

При групповой, и особенно индивидуальной подготовке в старшей школе целесообразно перейти от генерации вариантов и тематических заданий к генерации индивидуальных заданий конкретного типа (аналогично рассмотренным разработкам для начальной и средней школы). В работах [11, 12] авторы отмечали, что одной из форм представления могут выступать чат-боты, однако это не является принципиальным. Переход на генерацию за-

даний позволит преподавателю создавать однотипные, но в то же время индивидуальные задания для каждого ученика, последовательно перемещаться от простого к сложному и не беспокоиться о том, что задания могут «закончиться».

На основании требований, предъявляемых к генераторам заданий, и с учетом опыта работы [13], была принята архитектура тренажерного комплекса, компоненты которой представлены на рис. 9.

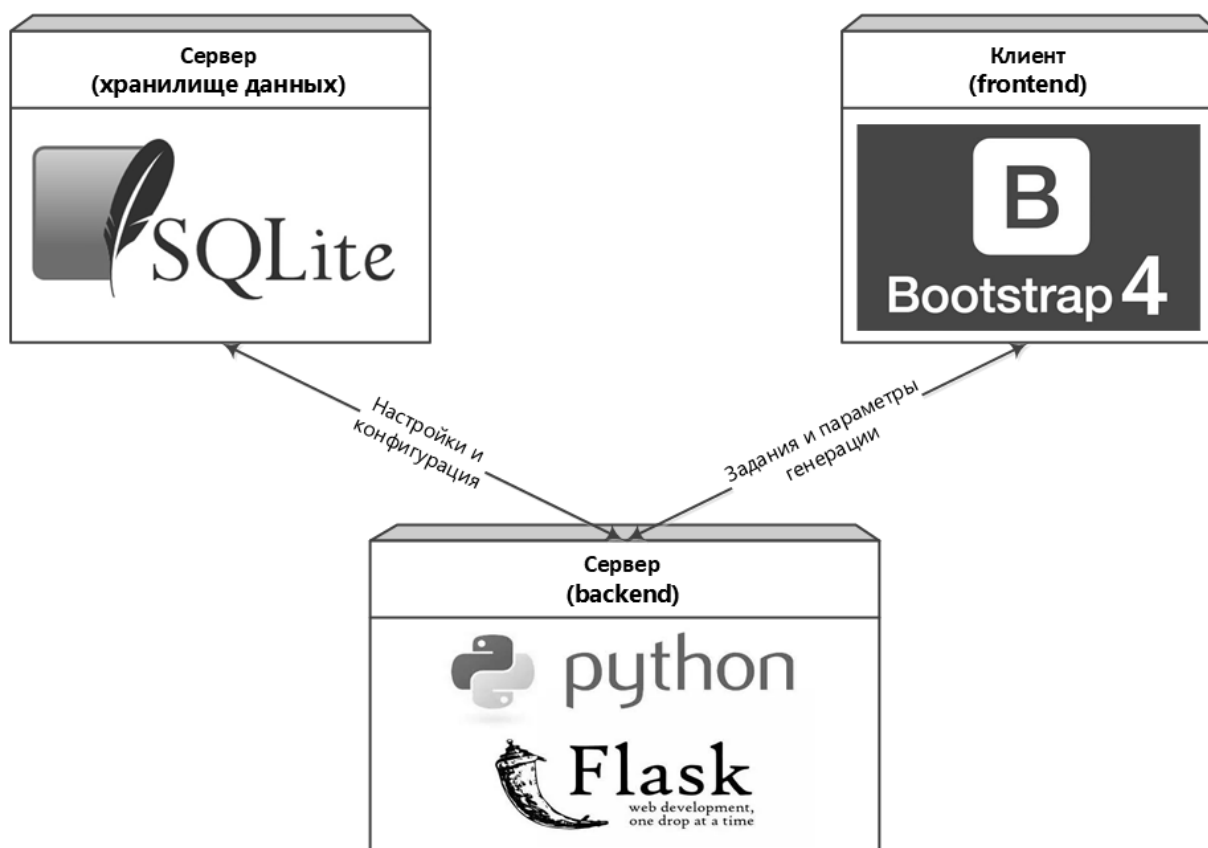


Рис. 9. Общая архитектура тренажерного комплекса

Тренажерный комплекс был выполнен в виде веб-приложения, основные функциональные возможности приведены на контекстной

диаграмме (рис. 10).

Интерфейс основной страницы на примере ЕГЭ по информатике представлен на рис. 11 [14].

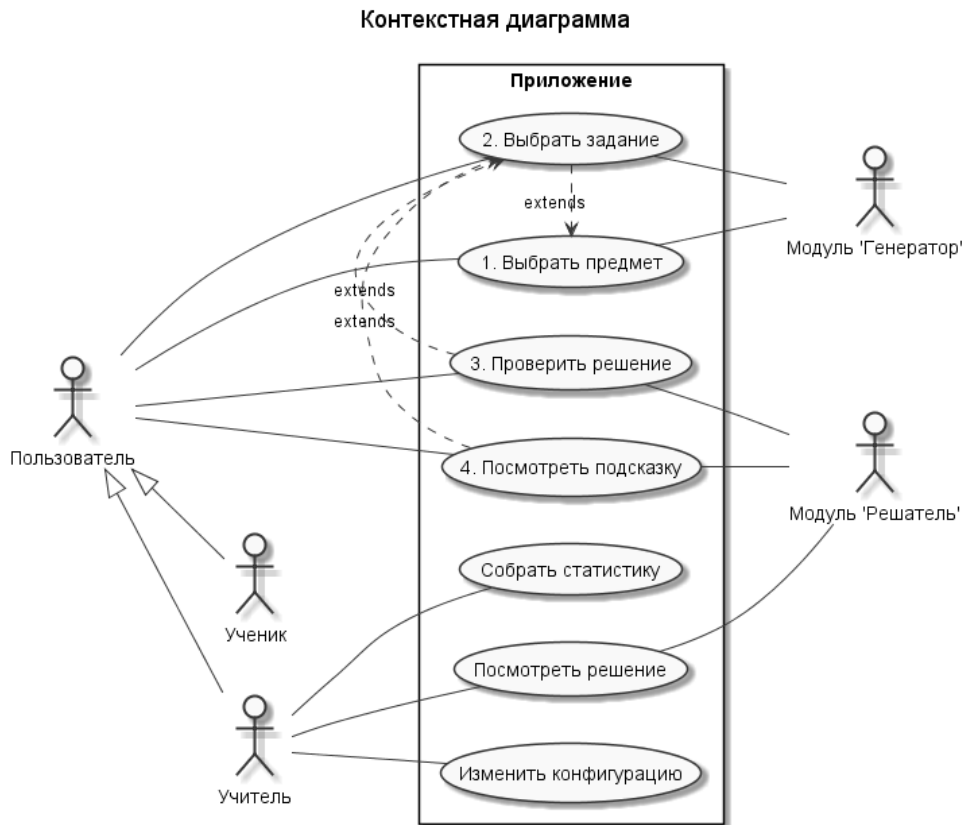


Рис.10. Функциональные возможности приложения

Тренажеры

Категории

1

| 01 | 07 | 09 | 10 | 13 | 16 |

Тренажер

Тип:

2

ЕГЭ №10 | Количество слов (Не содержит пару)

Заново

3

Вопрос:

4

Максим составляет 4-буквенные коды из букв Р, С, М, Е, Т. Каждую букву нужно использовать ровно 1 раз, при этом код не может начинаться с буквы Р и не может содержать сочетания ЕС.

Сколько различных кодов может составить Максим?

Подсказка:

5



Определите все комбинации без учета ограничений, после чего вычтите из них невозможные. Видео: пример №1

Ответ:

6

Ваш ответ

Проверить

7

**Рис. 11. Основная страница приложения
(на примере задания №10 ЕГЭ по информатике)**

В Таблице 1 указано описание обозначений рис. 11.

Таблица 1 — Обозначения основной страницы приложения

Номер	Описание
1	Список категорий (тем, номеров заданий)
2	Тип тренажера (задания) внутри категории (темы)
3	Кнопка принудительной генерации задания
4	Текст задания
5	Подсказка (при наличии)
6	Поле ввода ответа
7	Кнопка запуска проверки введенного ответа

При открытии страницы и выборе категории для пользователя автоматически создается задание первого типа тренажера из списка. При необходимости можно сгенерировать то же задание еще раз, нажав кнопку

«Заново».

На рис. 12 приведен пример содержимого выпадающего списка с типами заданий, выбрав который пользователь получает новое задание указанного типа.

Тренажер



Рис. 12. Типы заданий (на примере задания №10 ЕГЭ по информатике)

Все типы упорядочены по возрастанию сложности, что удобно с точки зрения последовательного изучения конкретной темы предмета. Кроме того, набор заданий проработан более детально, чем на аналогичных ресурсах за счет возможности добавления неограниченного количества типов задач.

При необходимости учащийся может посмотреть подсказку, если она была предусмотрена преподавателем, которая может включать текст, давать общие рекомендации или быть связана с конкретным заданием, а также содержать мультимедийный контент (рис. 13).

Задание №10 (ЕГЭ - 2020)

1. Определить закономерность в списке

Для выявления закономерности заменим буквы на следующие цифры и перепишем список:
И – 0, К – 1, Н – 2, О – 3, Т – 4

Номер	Исходное	После замены
1	ИИИИ	0000
2	ИППК	0001
3	ИИИН	0002
4	ИИИО	0003
5	ИИИТ	0004
6	ИИКИ	0010

Откуда видно, что все числа идут по порядку в представлении 5-й с.с.

2. Определить искомое значение

Первое число, начинающееся с буквы О – **ОИИИ** или, используя замену, **3000**

Для определения его номера необходимо:

- перевести 3000 из 5-й с.с. в 10-ю с.с.: $3000_5 = 375_{10}$
- учесть, что номер числа на единицу больше самого числа, откуда номером слова ОИИИ будет 376 (а не 375)

Все 4-буквенные слова, в составе которых могут быть буквы И, О, Т, К, И, записаны в алфавитном порядке и пронумерованы, начиная с 1. Ниже приведено начало списка:
1. ИИИИ
2. ИИИК
3. ИИИН
4. ИИИО
5. ИИИТ
6. ИИКИ
...
Под каким номером в списке идёт первое слово, которое начинается с буквы О?

Описание предназначено для поисковых систем: см. видео с условием задачи

Все 4-буквенные слова, в составе которых могут быть буквы И, О, Т, К, И, записаны в алфавитном порядке и пронумерованы, начиная с 1. Ниже приведено начало списка: 1. ИИИИ 2. ИИИК 3. ИИИН 4. ИИИО 5. ИИИТ 6. ИИКИ ... Под каким номером в списке идёт первое слово, которое начинается с буквы О?

<< Задание №9 (ЕГЭ - 2020)

Задание №11 (ЕГЭ - 2020) >>

Рис. 13. Видео-подсказка (на примере задания №10 ЕГЭ по информатике)

Генератор поддерживает несколько вариантов работы, которые преподаватель может включить по собственному желанию:

- ввод ответа до тех пор, пока не будет введен правильный (при вводе верного ответа сразу создается новое аналогичное задание);
- отображение правильного ответа после нескольких попыток.

Основная цель созданного тренажера – тренировка, поэтому «экзаменационный» режим (один ввод ответа) не предусматривается.

Фрагмент файла конфигурации тренажерного комплекса приведен на рис. 14.


```

1 {
2   "general": {
3     "attempts_to_answer": 3,
4     "show_hints": true,
5     "subjects_available_to_user": ["inf", "math"]
6   },
7   "subjects": {
8     "inf": {
9       "ege": {
10        "01": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvIquK3g5HmI
11        "02": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvL96XoghLM
12        "03": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvK9Rf4wR2j;
13        "04": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvJp4IfN3kvl
14        "05": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvLGM-1MfvT
15        "06": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvISA2PwuiW
16        "07": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvIALclWwrvI
17        "08": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvJb4XGYnLs
18        "09": "https://www.youtube.com/playlist?list=PLTEu3OLLWfvIbJdszTF3I

```

Рис. 14. Фрагмент файла конфигурации тренажерного комплекса

Заключение

В статье был рассмотрен отдельный класс ресурсов для подготовки – генераторы заданий. В качестве примеров существующих приложений были приведены проекты для младшей и средней школы, специализирующиеся на создании индивидуальных заданий, а также проекты для старшей школы, придерживающиеся способа генерации вариантов заданий путем определенной

выборки из имеющейся базы знаний.

В заключении была описана авторская разработка, предназначенная для удобной пошаговой тренировки учащихся как в группах, так и индивидуально. Исходя из собственной практики авторов, разработка является эффективным дополнением существующим рассмотренным ресурсам, а в большинстве случаев позволяет подойти к изучению материала более структурированно.

Литература

1. Петров И.П., Петров Ю.И. Онлайн среда разработки CodeSkulptor как средство компьютерного моделирования физических процессов // Информатизация образования и науки. – 2014. – № 4 (24). – С. 123-133.
2. Петров И.П., Петров Ю.И. К вопросу об использовании программного обеспечения в лабораторном практикуме по физике // Информатизация образования и науки. – 2016. – № 3 (31). – С. 58-66.
3. Сысоев П.В. Информационные и коммуникационные технологии в лингвистическом образовании. Учебное пособие, 2013. – 264 с.
4. Горбунова И.Б. Хайнер Е. Интерактивные сетевые технологии обучения музыке в школе цифрового века: программа "Soft way to Mozart" // Вестник Орловского государственного университета. Серия: новые гуманитарные исследования. – 2014. – С. 104-109.
5. Развитие ребенка – сайт для умных родителей. – [Электронный ресурс], (дата обращения 08.11.2019 г.) / Режим доступа: <https://childdevelop.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

6. Генератор примеров по математике. – [Электронный ресурс], (дата обращения 01.11.2019 г.) / Режим доступа: <http://11158.ru/generator/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. ЯКласс. – [Электронный ресурс], (дата обращения 28.10.2019 г.) / Режим доступа: <https://www.yaclass.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. ЕГЭ и ГИА 2019 Математика Материалы для подготовки к экзамену. – [Электронный ресурс], (дата обращения 29.10.2019 г.) / Режим доступа: <http://alexlarin.net/ege19.html/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. ЕГЭ по информатике: генератор вариантов. – [Электронный ресурс], (дата обращения 28.10.2019 г.) / Режим доступа: <http://kpolyakov.spb.ru/school/ege/generate.htm/>, свободный. – Загл. с экрана.
10. СДАМ ГИА: Решу ОГЭ, ЕГЭ, ВПР, ЦТ – 2019. – [Электронный ресурс], (дата обращения 28.10.2019 г.) / Режим доступа: <https://sdamgia.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
11. Петрова Н.В., Петров Ю.И. Чат-боты в современном образовании // Информатизация образования и науки. – 2017. – № 3 (35). – С. 157-166.
12. Петрова Н.В., Петров И.П., Петров Ю.И. Мобильные мессенджеры как одна из составляющих современного образования // Информатизация образования и науки. – 2016. – № 4 (32). – С. 59-69.
13. Петров Ю.И. Система поддержки принятия решений по созданию конкурентоспособной технически сложной продукции. Информационные технологии. – 2016. – Т. 22, №6. – С. 441-446.
14. КиберСовушка – Тренажеры. – [Электронный ресурс], (дата обращения 10.11.2019 г.) / Режим доступа: <https://www.kiber-sovushka.ru/trainers/>, свободный. – Загл. с экрана.

ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНИКИ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

ELECTRONIC TEXTBOOK. ADDITIONAL REQUIREMENTS

*Мухаметзянов Искандар Шамилович / Iskandar Sh. Mukhametzyanov, доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО» / Doctor of medical sciences, Associate professor, chief research officer, Federal State Budget Scientific Institution "Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education",
ishm@inbox.ru*

Аннотация

Переход к цифровому образованию предусматривает активное использование в обучении электронных учебников и электронных образовательных ресурсов. Вместе с тем необходимо отметить, что «цифровизация» применительно к учебникам – это не столько перевод бумажного учебника в цифровой формат, сколько принципиально иная форма подготовки и представления информации. Расширение текста за счет привлечения гиперссылок, мультимедиа, элементов виртуальной реальности и искусственного интеллекта изменяет традиционные подходы. И, наряду с дидактическими и методическими проблемами, появляются и гигиенические проблемы.

Abstract

The transition to digital education involves the active use of electronic textbooks and electronic educational resources in teaching. However, it should be noted that "digitalization" in relation to textbooks is not so much a transition of a paper textbook into a digital format, rather a fundamentally different form of preparation and presentation of information. Expanding text by using hyperlinks, multimedia, virtual reality elements and artificial intelligence changes traditional approaches. And, along with didactic and methodological problems, there are also hygiene problems.

Ключевые слова: учебник, электронный учебник, гигиеническое нормирование в образовании.

Keywords: textbook, electronic textbook, hygienic regulation in education.

Актуальность. Гигиенические аспекты в оценке электронных учебников (ЭУ) и электронных образовательных ресурсов (ЭОР) обусловлены как особенностями подготовки информации, так и ее представлением на электронных носителях и экранах разных типов. Считаем необходимым акцентировать внимание на том, что существующее нормирование жестко определяет именно бумажные учебники. В части ЭУ и ЭОР такого нормирования до настоящего времени нет. Но появление его неизбежно по мере усугубления цифровизации образования и переходе от цифровизации управления образовательной организацией к цифровизации самого обучения. По мере преодоления «цифрового неравенства» между обучающими и обучаемыми будут сниматься проблемы как реализации самого обучения в рамках цифровой образовательной среды, так и использования ЭОР в обучении. И сегодня надо говорить не об отсутствующей системе государственного нормирования в данной области – так как она появится только тогда, когда использование ЭОР будет носить системный характер. Надо говорить о формировании некой готовности педагогического сообщества к оценке и использованию ЭОР на основе представлений о существующих рекомендациях как психолого-педагогического, так и гигиенического свойства. В представленных ниже материалах мы рассматриваем существующие на сегодня подходы в этой области.

При обсуждении ЭУ и ЭОР считаем необходимым, в первую очередь, определить содержательную сущность данного понятия. В рамках нашей научной школы мы рассматриваем их как:

Электронный учебник – это информационная система (программная реализация) комплексного назначения, обеспечивающая посредством автоматизированного управления, без обращения к бумажным носителям информации, реализацию дидактических возможностей информационных и коммуникационных технологий во всех звеньях дидактического цикла процесса обучения. При этом ЭУ, обеспечивая непрерывность и полноту дидактического цикла процесса обучения, предоставляет теоретический материал, организует тренировочную учебную деятельность и контроль уровня знаний, информационно-поисковую деятельность, математическое и имитационное моделирование, компьютерную визуализацию и сервисные функции [5].

Электронный образовательный ресурс (ЭОР) - образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них. Электронный образовательный ресурс может включать в себя данные, информацию, программное обеспечение, необходимые для его использования в процессе обучения (ГОСТ Р 52653-2006 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения).

Как можно понять из представленных выше определений оба издания в цифровой форме не являются копией бумажного учебника. Соответственно и существующее в части гигиенического нормирования регулирование бумажных учебников только отчасти применимо к цифровым изданиям. Значимость существования подобных изданий закреплена в существующих ФГОС разного уровня и Законе «Об образовании». В последнем, в ст. 13 говорится о

том, что «при реализации образовательных программ используются различные образовательные технологии, в том числе дистанционные образовательные технологии, электронное обучение». Ст.16: «под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников». Ст. 18 определяет, что: «Библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными и (или) электронными учебными изданиями (включая учебники и учебные пособия), методическими и периодическими изданиями по всем входящим в реализуемые основные образовательные программы учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям)». Более того, с 2015 года все учебники, входящие в федеральный перечень, должны иметь электронную форму. Но, как правило, это электронная копия бумажного учебника. Вместе с тем, ЭУ и ЭОР имеют, как правило, вариативное содержание, гиперссылки, интерактивное подкрепление содержания, самоконтроль, интуитивный интерфейс, адаптированы под разные операционные системы, типы разрешения экранов и прочее.

Материалы и методы. На сегодня существует определенный объем нормативной гигиенической документации,

регулирующей отдельные стороны представления информации в ЭУ и ЭОР. Это как действующие и сегодня СанПиНы, так и методические рекомендации разного уровня. Но нас, в первую очередь, интересует гигиеническое нормирование именно представления информации, поскольку в цифровой форме оно значительно отличается от бумажного как цветовым и шрифтовым оформлением, как и возможностью персонализации за счет изменения размеров шрифта и прочее. Не менее значима величина зрительной нагрузки (зависит от условий видимости и удобочитаемости). Для средств отображения информации значимыми являются параметры экрана, а именно: яркость, размер шрифта, отражательная способность экрана (блики) и прочее. Более подробно данные представлены в:

- ГОСТ Р 50948-2001. «Средства отображения информации. Общие эргономические требования и требования безопасности». Стандарт рассматривает: требования к качеству восприятия информации, отображаемой на дисплеях; эргономические требования к цветовым параметрам; требования безопасности к визуальным параметрам и прочее. Таким образом, данный стандарт отражает требования к дисплеям.
- ГОСТ 7.83-2001 СИБИД. «Электронные издания. Основные виды и выходные сведения». Рассматриваются типы электронных изданий и обязательные выходные данные.
- ГОСТ Р 53625-2009 (ИСО/МЭК 19796-1:2005) «Информационная технология (ИТ). Обучение, образование и подготовка. Менеджмент качества, обеспечение качества и метрики». Часть 1. Общий подход. Представлен перечень эталонных критериев качества ЭУ, но они носят технико-технологический характер.
- ГОСТ Р 55751-2013 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные учебно-методические комплексы. Требования и характеристики».
- ГОСТ Р 57724-2017 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Учебник электронный. Общие положения». Представлены общие характеристики ЭУ, его типы, компоненты, особенности использования. Наряду с общими вопросами применения ЭУ в обучении акцентировано внимание и на подготовке ЭУ для детей с ОВЗ.
- СанПиН 2.4.7.960-00 «Гигиена детей и подростков. Гигиенические требования к изданиям книжным и журнальным для детей и подростков» рассматривает типы рекомендуемых шрифтов, распределение текста на странице и прочее.
- СанПиН 2.4.7.1166-02. 2.4.7. «Гигиена детей и подростков. Гигиенические требования к изданиям учебным для общего и начального профессионального образования» представляет методику проведения санитарно-эпидемиологической оценки изданий.
- СанПиН 2.4.7.1166-02 «Гигиенические требования к изданиям учебным для общего и начального профессионального образования». В рамках данной публикации представляют интерес размещенные в данном документе нормативы шрифтового оформления учебников, расстояния между словами, цветность и размещение текста на цветном фоне.
- Письмо Министерства образования и науки РФ от 16 мая 2018 г. № 08-1211 «Об использовании учебников и учебных пособий в образовательной деятельности». Письмо подтвержда-

ет равнозначность бумажного и электронного учебника и право ОО определять тип используемых изданий.

- «Методические указания по организации воспитания и обучения дошкольников с нарушениями зрения (гигиенические аспекты)» (утв. Минздравом СССР 14.05.1984 № 3029-84). В них рассматриваются формы представления текстового материала и рисунков в изданиях учебного назначения для данной группы учащихся с ОВЗ.

Обсуждение. Электронные тексты и тесты достаточно широко используются как в обучении, так и в оценке знаний. Широкое использование мультимедиа, интегрированного в ЭУ, может как облегчать понимание содержания, так и «уводить» от него. На визуальную разборчивость электронных текстов, лежащую в основе обработки и понимания текста, влияют несколько факторов, в том числе подсветка и яркость экрана. Вместе с тем надо отметить, что скорость чтения и понимание прочитанного в бумажной и электронной форме текста различны [10]. Основные проблемы гигиенического свойства при использовании ЭУ и ЭОР можно определить как проблемы представления материала (цветность, шрифты и прочее), проблема отображения информации на электронном экране (дискретность изображения, яркость, разрешение и размер экрана и прочее), проблема обеспечения эффективности работы зрительного анализатора в части его уставания и соблюдения режима труда и отдыха. В ряде исследований показано, что яркость электронных страниц не соответствует гигиеническим требованиям в 50% случаев, а превышение допустимой неравномерности яркости наблюдается в 88% случаев [2].

Таким образом, основным критерием гигиенической оценки ЭУ и ЭОР является шрифтовое и цветовое оформле-

ние текста. Приоритетным параметром при выборе шрифтового оформления является удобочитаемость, определяемая следующими параметрами: размер шрифта (кегель); рисунок шрифта (гарнитура, начертание); расстояние между строками (интерлиньяж). Вместе с тем, существуют и исследования, показывающие положительное влияние уменьшения кегля на понимание прочитанного [6].

Существует определенное различие между восприятием кириллических и латинских шрифтов. Если латинские буквы воспринимаются как единое целое, то кириллические буквы в тексте распознаются по отдельным штрихам. Авторами исследования показано преимущество использования пропорциональных (Arial или Times New Roman, в которых ширина буквы зависит от ее геометрической формы) шрифтов перед моноширинными (все буквы которых имеют одинаковую ширину). При этом отмечается, что наиболее высокие показатели у шрифта Georgia как специально разработанного для чтения с электронного носителя. Предпочтения испытуемые отдавали шрифтам Arial, Courier и Georgia, но экспериментально их преимущества не подтверждались [1]. Вместе с тем, рядом авторов показано значительно улучшенная читабельность текстов при использовании шрифта Verdana (специальный для компьютерных текстов). Но существуют исследования, показывающие отсутствие каких-либо различий между различными шрифтами по скорости чтения, понимания и запоминания [8].

Рядом исследователей оценивалась удобочитаемость применительно к детским изданиям и электронным изданиям. В последнем случае оценивалась удобочитаемость текстов, оформленных шрифтами с засечками и без них. В результате исследования определено преимущество гротескных (без засечек) шрифтов над шрифтами с засечками. Пробелы между словами значимы для шрифтов 9 кегля, а уже в 10-м кегле

улучшение отмечается только для шрифтов с засечками. При использовании шрифтов в 11-м кегле изменения пробелов не требуется. Исходя из этого, авторы рекомендуют для электронных изданий гротескные шрифты как значительно увеличивающие удобочитаемость электронных изданий. Значение удобочитаемости зависит и от особенностей средства отображения информации – дисплей компьютера, «электронные чернила» ридера, экран планшета или смартфона. В последнем случае значение имеет и размер экрана. В исследованиях показано, что удобочитаемость текста на ридере занимает промежуточное положение между удобочитаемостью текстов на бумаге и экране персонального компьютера (ПК) [2]. Отмечается повышенная утомляемость при чтении с экрана ридера или ПК в сравнении с бумажным изданием. Это требует регулирования продолжительности использования данной формы представления материала и регламентирование времени труда и отдыха для профилактики зрительного утомления и переутомления. При использовании ридеров отмечалась и худшая запоминаемость прочитанного (кратковременная память), что также было увязано авторами с размером шрифта. Сравнивались 12-й и 14-й кегль. В обоих случаях запоминание хуже, но при 12-м кегле оно менее значимо, чем при 14-м.

Цветовое оформление обуславливает особенности восприятия текста с экрана носителя ЭУ. В исследованиях показано, что наиболее привлекающими внимание являются цвета красный, желтый и оранжевый. Успокаивающими являются синий, зеленый, а сочетание их обуславливает повышение концентрации обучаемого на представленной информации [3].

Наиболее полно перечень критериев качества ЭУ, в том числе и гигиенического, был представлен и позднее реализован в рамках Системы добровольной сертификации аппаратно-программных и информационных ком-

плексов образовательного назначения (АПИКОН) [4]. Система было одобрена Росстандартом РФ, но в силу своей добровольности сертификация не нашла должного положения в современном образовании. Обусловлено это, в том числе и переходом на европейские стандарты образования, где полностью отсутствует государственное нормирование в части подготовки и использования учебников.

Последнее издание приказа Министерства просвещения Российской Федерации № 695 от 18.12.2019 «Об утверждении порядка формирования перечня учебников, допущенных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ начального общего, основного общего, среднего общего образования» подтверждает возможность использования как бумажных, так и электронных учебников. Более того, разрешает использование в учебнике заданий, решаемых прямо в ЭУ. Вместе с тем постулируется идентичность содержания бумажного и электронного учебника. Есть и ряд иных конкретизаций по формам представления и применения ЭУ, использование его без интернета на устройстве пользователя, отсутствие лицензионных ограничений и прочее. Закреплена и персональная ответственность эксперта за результаты экспертизы с указанием ФИО эксперта в выходных данных издания.

Когда мы говорим о учебниках основного общего образования, то относительная регламентация гигиенического свойства присутствует и представлена выше. Если мы переходим к учебным и наглядным пособиям этого же уровня образования, то она отсутствует, за исключением регламентации расстояния от пособия до глаз обучаемого и, соответственно, выбора кегля шрифта в случае использования электронных вариантов. Более того, когда мы говорим о учебно-методических материалах, лабораторных практикумах, AR и VR лабораториях, то надо исхо-

доть из полного отсутствия какого-либо гигиенического нормирования в данной области. Вместе с тем, ряд исследований показывают предпочтительность ЭУ и ЭОР, особенно на мобильных носителях, и выбравшие ЭУ имели значительно более высокий уровень восприятия, чем студенты, выбравшие традиционные печатные учебники [9]. Признается и то, что современный ЭУ по форме представления материала проигрывает бумажному в части планирования чтения, формирования личностных пространственных ориентиров, доступности в части лицензий, требует погружения в электронную среду и наличия определенного уровня информационной культуры. Но отмечается и то, что по мере роста числа населения с первоначальным опытом небумажного чтения число приверженцев ЭУ и электронных книг будет только расти [7].

Заключение. Фактически сегодня существует система гигиенического нормирования в рамках общего образования, в большей степени оставшаяся от прежних времен и полная свобода форм представления содержания учебного материала на иных уровнях образования. Даже существующая система охватывает только электронные копии бумажных учебников. Иные формы представления материала и на данном уровне обучения фактически не нормируются. И отсутствие знаковых публикаций в этой области может говорить и о том, что современная отечественная гигиеническая школа понимает сложившуюся ситуацию и невозможность

адекватного нормирования в условиях бесконечной вариативности форм представления материала в рамках любого ЭУ или ЭОР. Поэтому, когда мы говорим о качестве учебного издания, то мы имеем в виду любые компоненты, кроме гигиенических. Повсеместный переход на электронные тексты и формы представления материала по мере замещения изначально «бумажной» популяции станет основным и необходимо будет решить, как нормировать и нормировать ли вообще гигиеническую составляющую учебников? Преимуществом электронных носителей является возможность полной индивидуализации форм представления содержания обучения в зависимости от возможностей и предпочтений обучающегося как в части шрифтов и фонов, так и в части специализированных подразделов – гипермедиа и мультимедиа. Но сегодня обучающиеся изначально учились с использованием бумажных учебников, а современные обучаемые изначально более ориентированные на электронную форму представления. В этих условиях полный отказ от нормирования в части ЭУ не представляется возможным. И, в первую очередь потому, что он – полная копия бумажного. Ко всем остальным изданиям учебного назначения, в том числе и к ЭОР в нашей терминологии, это не относится и может быть реализовано с относительной свободой выбора форм представления учебного материала.

Литература.

1. Алексеева С.В., Доброго А.С., Кони́на А.А., Чернова Д.А. К вопросу о механизмах распознавания кириллических букв при чтении: роль типа шрифта // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2019. – № 438. – С.11-18.
2. Кучма В.Р., Степанова М.И., Текшева Л.М. Научно-методические и организационные вопросы безопасного использования современных информационно-коммуникационных устройств в системе общего образования // ЗНиСО. – 2013. – №8 (245). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20225520> (дата обращения: 11.02.2020).
3. Овчинникова А.Ф., Марченко М.Н. Графические элементы электронных учебников как средство концентрации внимания обучающихся // Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. 2017. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31239600> (дата обращения 15.02.2020).
4. Роберт И.В. Экспертиза и сертификация педагогической продукции, функционирующей на базе информационных и коммуникационных технологий // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2008. – Т. 1. – С. 68-75.
5. Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования: [более 200 терминов/И. В. Роберт и др.]; под ред. И. В. Роберт [и др.]. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 69 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24054819>. (дата обращения: 11.02.2020).
6. Katzir T., Hershko S., Halamish V. (2013) The Effect of Font Size on Reading Comprehension on Second and Fifth Grade Children: Bigger Is Not Always Better. PLoS ONE 8(9): e74061. doi: 10.1371/journal.pone.0074061.
7. Myrberg, C., Wiberg N. (2015). «Screen Vs. Paper: What Is the Difference for Reading and Learning?». Insights 28 (2): 49–54. DOI: <http://doi.org/10.1629/uksg.236>.
8. Nafiseh Hojjati, Balakrishnan Muniandy. The Effects of Font Type and Spacing of Text for Online Readability and Performance. Contemp Educ Technol, V.5 (2), pp. 161-174 URL: <https://www.cedtech.net/download/the-effects-of-font-type-and-spacing-of-text-for-online-readability-and-performance-6122.pdf>. (дата обращения: 11.02.2020).
9. Rockinson-Szapkiw, A.J., Courduff, J., Carter, K., & Bennett, D. (2013). Electronic versus traditional print textbooks: A comparison study on the influence of university students' learning. Computers & Education, 63, 259–266. doi: 10.1016/j.compedu.2012.11.022.
10. Singer, L.M., Alexander, P.A. (2017). Reading on Paper and Digitally: What the Past Decades of Empirical Research Reveal. Review of Educational Research, 87(6), 1007–1041. doi:10.3102/0034654317722961.